

علم الهيئة

astrognosy
astrognosie (sf)
Astrognosie (sf)

المعارف عن سماء النجوم كما تبدو للعين المجردة .

عمر الخيام

Omar Khayyam (A)

هو عمر الخيام الرياض والفلكي والشاعر الفارسي (حوالي ١٠٥٠ - حوالي ١١٢٣) يرجع إليه الفضل الأكبر في عمل التقويم الفارسي الذي لا يتعدى الخطأ فيه يوما واحدا كل ٥٠٠٠ سنة. أعد جداول فلكية . ويرجح أن يكون هو مكتشف نظرية المتواليات . وقد قام بوضع الحلول الهندسية والجبرية لمعادلات الدرجة الثانية وبعض معادلات الدرجة الثالثة . وهو شهير في الغرب بخيالاته وفلسفته الشعرية . وقد تم إطلاق اسمه على إحدى مناطق الجانب الآخر من سطح القمر .

عمر القمر

age of the moon
âge de la lune (sm)
Mondalter (sn)

هو الفترة الزمنية المنقضية منذ آخر هلال ؛ وهي تعطى بذلك مقياسا لما عليه ← طور القمر .

عمر الكون

age of the universe
âge de l'Univers (sm)
Weltalter (s)n

← تحديد العمر .

العمق الضوئي

optical depth
épaisseur optique (sf)
optische Tiefe (sf)

هو مقياس لعدم نفاذية الضوء في المادة . وفي أسهل الحالات ، عندما تكون الطبقة متجانسة ، فإن عمقها الضوئي يصبح عبارة عن حاصل ضرب

العمق الهندسي (بالستيمتر) في معامل إمتصاص المادة . وطبقة عمقها الضوئي $\tau = 1$ تضعف الضوء الساقط عموديا عليها إلى حوالي $1/3$ قيمته الأصلية . والطبقات ذات العمق الضوئي الكبير بالنسبة للوحدة هي من الناحية العلمية غير منفذة ويرمز لها بأنها عميقة ضوئيا . أما الطبقات ذات العمق الضوئي الأقل كثيرا عن الوحدة فإنها منفذة وتعرف بأنها رقيقة ضوئيا . وحسب تعريف العمق الضوئي فإن طبقه ما يمكن أن تكون عميقة ضوئيا وهي رقيقة نتيجة لأنها مكونة من مادة شديدة الإمتصاص أو أنها سمكة هندسيا ومادتها قليلة الإمتصاص . ولما كان معامل الإمتصاص يعتمد على طول الموجه فإن طبقة واحدة لها كثير من الأعماق الضوئية عند الأطوال الموجية المختلفة . وعلى سبيل المثال فإن الإكليل الشمسي وإن كان رقيقا ضوئيا بالنسبة للضوء البصري أى منفذا له إلا أنه عميق ضوئيا بالنسبة للموجات الراديوية ، أى غير منفذ لها .

عماق

Giant
géante (sf)
Gigant (sm), Riese (sm)

أحد ← النجوم العالقة .

العمليات النووية

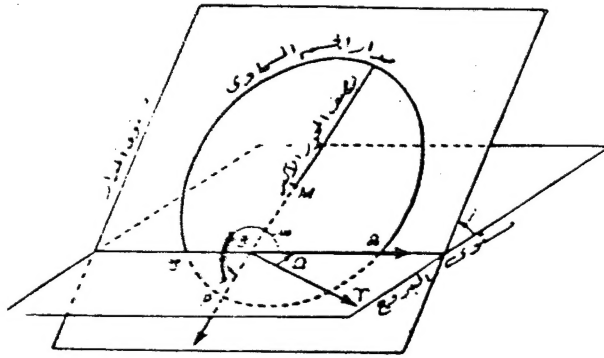
nuclear reactions
réactions nucléaires (pf)
Kernprozesse (pm)

هي التفاعلات التي تحدث بين نوى الذرات ويتحرر أثناءها طاقة ← إنتاج طاقة النجوم .

العَنَاز

Auriga, Aur (L)
Charioteer
cocher (sm)
Führmann (sm)

كوكبة ← ممسك الأعنة .



عناصر المدار :

M المركز ، B بؤرة المدار ، Ω ميل مستوى المدار ، ω طول العقدة الصاعدة ، φ العقدة الهابطة ، Ω طول العقدة الصاعدة ، λ نقطة الربيع ، p حضيف المدار ، w بعد الحضيف عن العقدة الصاعدة .

الباقية فتحدد شكل وأبعاد المدار وبذلك فهي لا تعتمد على نظام الإحداثيات المستخدم .

وبمعرفة عناصر مدار جرم سماوي يتحدد مداره وموقعه في وقت معين . وإستنتاج عناصر المدار من مهام ← تعيين المدار .

عَنَّاَق الأرض ، العَنَّاَق

Alamak (A)

هو النجم λ (جاما) من نجوم المرأة المسلسلة . وهو عبارة عن نجم ثلاثي ، النجم الأساسي فيه لمعانه الظاهري من القدر ٢.١٦ والنوع الطيفي K3 ويسمى إلى نوع قوة الإشعاع III ، أى أنه عملاق أحمر . وعلى بعد ١٠ من النجم الرئيسي يوجد مزدوج بصرى أقدار مركبته ٥ هـ ، ٣ ر٦ ويبعدان عن بعضهما بحوالى ٣ ر٠ . ونجم العناق أو العترة يبعد عنا بحوالى ٨٠ بارسك أى ٢٦٠ سنة ضوئية .

العنصر الحرارى

thermoelement

couple thermoélectrique (sm)

Thermoelement (sm)

هو مُستقبل إشعاعى يستخدم فى ← فوتومترات خاصة حساسة للضوء فى نطاق طيفى عريض .

عناصر التماس

osculating elements

éléments osculeteurs (pm)

Oskulations elemente (pn)

← الإضطرابات .

عناصر المدار

elements of the orbit

éléments d'Orbite (pm)

Bahnelemente (pn)

هى الأبعاد التى تحدد مدار الجرم السماوي من حيث وضعه وشكله وحجمه وموقعه فى وقت معين . وهذه العناصر هى :

(١) الميل τ لمستوى المدار على المستوى الأساسى للإحداثيات المستخدمة ، ويكون ذلك عبارة عن المستوى البروجي (الكسوفى) فى حالة المجموعة الشمسية .

(٢) طول العقدة الصاعدة Ω أى الزاوية المقاسة على الدائرة الكسوفية بين إتجاه نقطة الربيع وإتجاه العقدة الصاعدة .

(٣) المسافة w للحضيف الشمسى P عن العقدة الصاعدة ، أى الزاوية المقاسة فى مستوى المدار بين إتجاه العقدة الصاعدة وإتجاه الحضيف الشمسى . وأحيانا يستعاض عن ذلك بطول الحضيف الشمسى π أى مجموع طول العقدة الصاعدة والمسافة بين الحضيف والعقدة الصاعدة .

(٤) نصف القطر الأكبر α للمدار .

(٥) الإهليجية العددية أى النسبة بين المسافة من مركز المدار حتى بؤرته إلى نصف القطر الأكبر للمدار .

(٦) زمن الحضيف الشمسى أى الوقت الذى يمر فيه الجرم السماوي خلال الحضيف الشمسى .

يحدد ميل مستوى المدار وطول العقدة الصاعدة وضع المدار فى الفضاء بالنسبة للإحداثيات المستخدمة . والمسافة بين الحضيف والعقدة الصاعدة تحدد دوران المدار أى ميله على مستواه . أما العناصر

وللنجمين δ (دلثا) و μ (ميو) تابعين خافتين
يمكن رؤيتهما بمقرب صغير .

العواصف الراديوية

noise storms

orages radio (pm)

Radiosturme (pm)

← الشمس .

عيد الفصح ، عيد القيامة ، العيد الكبير

easter

pâques (sm)

Ostern (sn)

← تاريخ عيد الفصح .

العينيه

eyepiece

oculaire (sm)

Okular (sn)

إحدى أجزاء ← المنظار البصرية .

العيوق

Capella

هو ألمع نجم (α) ألفا في كوكبة ممسك الأعنة .
والنجم له لمعان ظاهرة بصرى من القدر ٠.٩ .
ويسمى بذلك إلى ألمع النجوم في السماء . ونوع
النجم الطيفي G1 ونوع قوته الإشعاعية III ، أى
فوق عملاق . يبلغ قطر العيوق حوالى عشر مرات
مثل قطر الشمس وقدرته الإشعاعية أكثر مائة مرة من
قدرة الشمس . يبعد النجم عنا بحوالى ١٤ بارسك
أى ٤٥ سنة ضوئية . والعيون عبارة عن مزودج
طيفى .

غ

غاز ما بين الكواكب

interplanetary gas

gaz interplanétaire (sm)

interplanetares Gas (sn)

هو الجزء الغازى من ← مادة ما بين
الكواكب .

العنزة

Alamak

هو ← عناق الأرض .

العنقاء

Phoenix, Phe (L)

phoenix

phénix (sm)

Phoenix (sm)

هى إحدى كوكبات نصف الكرة الجنوبية وترى
مائلة على الأفق الجنوبي من خطوط عرض معظم
البلاد العربية فى ليالى الخريف والشتاء .

العواء

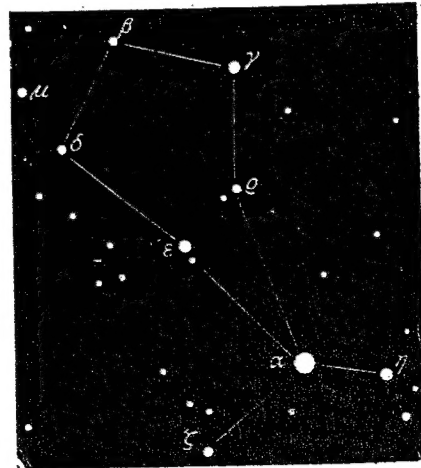
Bootes, Boo (L)

bear driver, Kitte

bouvier (sm)

Bärenhutter (sm)

إحدى كوكبات نصف الكرة الشمالى التى ترى فى
ليالى الربيع . وقد استمدت هذه الكوكبة اسمها من
مجاورتها للعربة السماوية الكبيرة فى كوكبة الدب
الأكبر ، حيث تتعقب العربة فى حركتها اليومية
الظاهرية ؛ ويسوق العواء ثيران شد العربة أمامه .
والنجم الرئيسى هو α (ألفا) العواء أو ← السماك
الرامح الذى يسمى إلى ألمع النجوم فى السماء .



كوكبة العواء . والنجم α هو السماك الرامح ، ولمعانه من
القدر -٠.٥ ، ونوعه الطيفي K1 ، ونوع قوته الإشعاعية
III ، وبعده عنا ١١ بارسك .

غاز ما بين النجوم

interstellar gas

gaz interstellaire (sm)

interstellares Gas (sm)

هو الجزء الغازي من المادة المتناثرة بين النجوم ويتكون من ذرات وأيونات وإلكترونات وجزيئات. والجزء الأكبر من الغاز عبارة عن هيدروجين، الذي يوجد مختلطا مع الهليوم بنسبة من ١ : ٥ إلى ١ : ١٠، بينما العناصر الأخرى أقل ندرته من ذلك بكثير (← مادة ما بين النجوم و ← شيوخ العناصر). وتبلغ كثافة غاز ما بين النجوم المتوسطة حوالي ذرّة هيدروجين لكل سم^٣. والغاز متجمع أساسا في سحب يبلغ قطر كل منها من ٥ إلى ١٠ بارسك وكثافتها حوالي ١٠ جسيمات لكل سم^٣. وهذه القيم تمثل تقديرات عامة. ولا يمكننا الوصول إلى مثل هذه الكثافات القليلة في المعامل حتى بأحسن المفرغات العالية، حيث أن حجم الكرة الأرضية لا يمكنه أن يحتوي أكثر من ١٠ كجم من مادة وكثافة ما بين النجوم. إن كون غاز ما بين النجوم ممكن المشاهدة على الرغم من ذلك يرجع إلى الحجم الهائل للفضاء المليء بتلك المادة. وتحتوي سحابة ما على بضع مئات المرات مثل كتلة الشمس. إن الطرق التي نشاهد بها غاز ما بين النجوم مختلفة جدا، وأكثر أشكال السحب إلفاتا للنظر وبالتالي أكثرها شهرة منذ زمن بعيدة هي تلك الكتل الكثيفة والمضيئة من الغاز، المعروفة بالسدم الإنبعائية (اللوحات من ٦ إلى ١١)، ويمكن مشاهدتها عن طريق الفلك الراديوي. والغاز الذي لا يضيء في النطاق البصري يعلن عن نفسه بما يطبعه من خطوط امتصاص طيفية على ضوء النجوم الموجودة خلفه وكذلك عن طريق إشعاعه في النطاق الراديوي.

تأين الهيدروجين: يوجد جزء من هيدروجين ما بين النجوم. في حالة متعادلة والجزء الآخر متأين. وينشأ التأين من امتصاص الضوء فوق البنفسجي

(التأين الفوتوني). وهذا يتطلب أن تكون طول موجة الكم الضوئي أقصر من ٩١٢ نانومتر، حيث تزيد طاقته عن طاقة تأين الهيدروجين. والإشعاع الموجود في وسط ما بين النجوم والمشتول عن تأين الهيدروجين يأتي من النجوم، كما يأتي الجزء الأكبر - خصوصا في النطاق البنفسجي - من النجوم النادرة ولكن قوية الإشعاع وذات النوع الطيفي المتقدم. لهذا فإن التوزيع الطيفي لما في الفضاء البين نجمي من إشعاع يماثل ١٠٠٠٠ ك. ويتوزع ما يخرج من إشعاع النجوم على فراغ كبير جدا وعليه فكثافة الطاقة صغير جدا. ولو أننا وضعنا جسما يمتص بكفاءة تامة فإنه يسخن إلى ٢ ك أي إلى - ٢٧٠ م. لهذا فإننا نتحدث عن الإشعاع المخفف ذي درجة الحرارة اللونية العالية. وكثافة الإشعاع عالية بصورة خاصة بالقرب من النجوم، وفي هذه المناطق توجد كميات كافية لتأين الهيدروجين. ويتم التمييز تبعا للدرجة تأين الهيدروجين بين منطقتين في فضاء ما بين النجوم: إذ يصنع كل نجم حوله منطقة HII، يكون الهيدروجين فيها تام التأين، ويتساوى فيها عدد البروتونات والالكترونات، لأن كل ذرة هيدروجين تعطي بروتون وإلكترون. تزداد مناطق HII في الكبر كلما زادت سخونة النجم، إذ يزداد ما ينبعث من أشعة في النطاق فوق البنفسجي بالارتفاع في درجة الحرارة. ويقدر نصف قطر منطقة التي لها كثافة قدرها ذرة هيدروجين لكل سم^٣ حول نجم O5 بحوالي ١٤٠ بارسك، وحول نجم B٥ بحوالي ٥٠ بارسك وحول نجم B5 بحوالي ١٠ بارسك وحول نجم A٥ بحوالي ١٥ بارسك فقط. وعلى مسافات بعيدة من النجوم نجد أن كل غالبية الفوتونات القادرة على التأين تكون قد أستهلكت ولهذا تنخفض درجة التأين بسرعة. وفي المنطقة الخارجية، منطقة HI، يوجد الهيدروجين في حالة متعادلة. وفي هذه المناطق تكون درجة التأين صغيرة جدا إذ أن الذرات النادرة من العناصر الثقيلة في غاز ما بين النجوم والتي

تسخين . لهذا فإن درجة حرارة الحركة أقل بكثير منها في مناطق HII . وفي أثناء اصطدام السحب الذي يحدث بين حين وآخر فإن درجة حرارة هذه المناطق (HII) ترتفع أيضا لبعض الوقت إلى بضع آلاف الدرجات حيث تتحول الطاقة الكامنة في حركة السحب إلى طاقة حرارية . وعن طريق ما يقع ذلك من عمليات تبريد تفقد السحابة بعض طاقتها ؛ فعن طريق تصادم بعض الجسيمات (مثل ذرات الهيدروجين والايكترونات الطليقة) مع جسيمات أخرى ، على سبيل المثال جزيئات الهيدروجين والأيونات فإن الأولى تعمل على إثارة الثانية . وعند عودة الجسيمات المثارة إلى وضعها الأصلي تقوم بإشعاع الطاقة التي إكتسبتها أثناء الاصطدام . لذلك تنخفض درجة حرارة السحابة بعد الاصطدام تدريجيا إلى قيمة بين ٢٠ إلى ٥٠ ك . وتبلغ درجة حرارة السحابة في المتوسط حوالى من ٥٠ إلى ١٠٠ ك . وفي مناطق HI الأقل كثافة والتي يكون فيها جزء بسيط من الهيدروجين متأينا بفعل جسيمات الأشعة الكونية منخفضة الطاقة ، يحتمل أن تسود درجات حرارة بين بضع مئات الى بضع آلاف الدرجات المطلقة . وتعتمد درجة الحرارة الحقيقية التي يوجد عليها الغاز ، بشدة على كثافة طاقة الأشعة الكونية وكذلك على فاعلية عمليات التبريد .

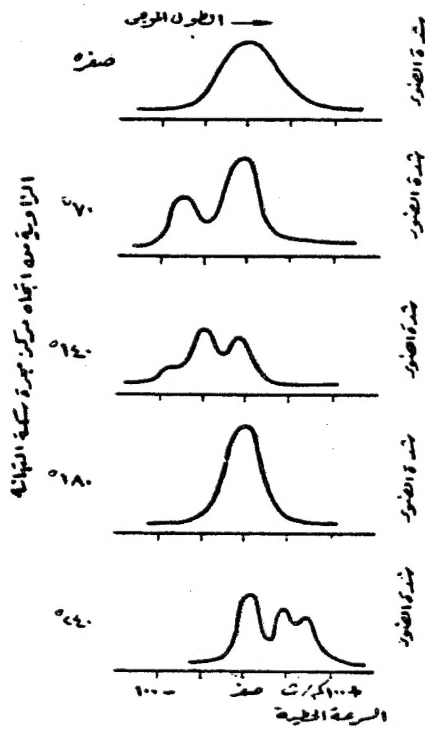
مناطق HI : مناطق غير مضبئة ، حيث تنقصها الطاقة اللازمة للإشعاع . يمكن في هذه المناطق التعرف على بعض الغازات عن طريق ما تمتصه من خطوط طيفية في ضوء النجوم الذي يمر بتلك المناطق . أكتشف هذا الامتصاص «هارتمان» في عام ١٩٠٤ في طيف النجم المزدوج (دلتا) الجبار . وللخطوط الطيفية النجمية ، أى التى تنشأ في جو دلتا الجبار ، إزاحة دورية وتوضح أثناء رصد الحركة المدارية للمركبة المرصودة من النجمين . فإذا ما قاربتنا هذه الحركة تتزاح الخطوط ناحية النطاق البتفسجى . أما إذا ما أبعد النجم عنا فإن الخطوط

تتأين بفعل الإشعاع طويل الموجه تعطى إلكترونيات . ومن الممكن أن يتأين جزء صغير من هيدروجين مناطق HI قليلة الكثافة ، وذلك بفعل الجسيمات المنخفضة الطاقة من الأشعة الكونية ، ولو أن هذه المناطق لا تتبع من حيث المبدأ مناطق الهيدروجين المتعادل . إن هناك إحتمال بأن يكون حوالى ٢٪ من هيدروجين مادة ما بين النجوم في حالة متأينة في المناطق القريبة من الشمس . ونظرا لحركة السحب الغازية وكذلك حركة النجوم فلا بد أن يكون هناك باستمرار إعادة توزيع لمناطق HII, HI .

درجة الحرارة : إن غاز ما بين النجوم بعيد جدا عن حالة التعادل وتفقد فيه لذلك درجة الحرارة معناها . إلا أنه يمكن تعريف درجة حرارة حركة يمكن حسابها من السرعة المتوسطة للجسيمات ، وتمثل تعادلا بين الطاقة الداخلة إلى الغاز والخارجة منه . يأتى أكثر كسب في طاقة الحركة من تأين الهيدروجين . ففي كل تأين يأخذ الاليكترون المنطلق طاقة حركة تزداد في الكبر كلما إزدادت طاقة الكم الممتص . ومتوسط هذه الطاقة التى تعطى للجسيمات الأخرى عن طريق الاصطدامات كبيره جدا نسبيا ، لأن النجوم الساخنة تشع كمات كثيرة عالية الطاقة . وفي حالة ثبات درجة التأين يتبع كل تأين إنحداد جديد (وإلا تغيرت درجة التأين بسرعة) . وبهذا يقتصر البروتون إلكترون ، وتنبعث طاقة حركة الإليكترون . ويغلب إقتناص إلكترونيات طاقة حركتها صغيرة بحيث أنه في المتوسط مع كل تأين وما يتبعه من إنحداد تدخل الغاز طاقة حركة . مقابل هذا التسخين توجد عمليات تبريد نتيجة إشعاع الطاقة . وفي حالة تعادل التبريد مع التسخين تصل درجة حرارة مناطق HII التى يكثر فيها التأين إلى ما بين ٦٠٠ ، ١٠٠٠ ك ، وإن كانت متغيرة من سديم إلى آخر . أما في مناطق HI فلا يوجد الإشعاع ذى الطول الموجى الأقصر من ٩١٢ أنجستروم الضرورى لعملية التأين ، وعليه تقل فاعلية أكبر عامل

ويمكن من شدة الخطوط حساب عدد الذرات التي تعمل على الامتصاص .

جاء الفلك الراديوي بخطوة كبيرة نحو تحسين الرصد في مناطق HI ، وذلك لأن الهيدروجين المتبادل في غاز ما بين النجوم يمكن مشاهدته بطريقة مباشرة عن طريق إشعاعاته الراديوية التي تصلنا . ولو دققنا فسوف نجد أن مستوى الخمود في الهيدروجين منقسم ، لأن عزم دوران الإليكترونات وكذلك دورانها يمكن أن يتواجد في وضعين بالنسبة لمثيله في النواة . وعند الانتقال من وضع إلى الآخر تتحرر كمية بسيطة من الطاقة تظهر على شكل إشعاع طول



بروفيل الخط ٢١ سم ، ويوضح شدة الإشعاع مع الطول الموجي حول الطول الموجي ٢١ سم على مسافات مختلفة من مركز مجرة سحابة النجمية . وقد رسمت شدة الضوء مع السرعة الخطية ، بدلا من الطول الموجي . والشدة المقابلة للسرعات السالبة مصدرها السحب المتحركة نحونا بينما المقابلة للسرعات الموجبة ناشئة من السحب المتباعدة عنا . وبذلك فالسرعات السالبة تعني موجات أقصر والسرعات الموجبة تعني موجات أطول عن الخطوط غير المتزاحة . ولا يتجاوز التغير عند سرعة ١٠٠ كم/ث ٠.١ م .

الطيفية تتزاح ناحية الأحمر . بجانب ذلك وجد هارتمان خطوط طيفية من الكالسيوم (Ca^{+}) التي لا يتغير وضعها . لهذا فإن هذه الخطوط الثابتة للكالسيوم لا يمكن أن تكون ناشئة في جو النجم وإنما في غاز ما بين النجوم . وتُعرف اليوم خطوط امتصاص لكل من العناصر Na ، Ca^{+} ، K ، Fe ، Ti ، He وكل من الجزيئات CH ، CH^{+} ، CN وهناك أشرطة امتصاص عريضة لم يعرف بعد شيء عن نشأتها .

إنه من غير الممكن مشاهدة كل مراحل تأين جميع العناصر في غاز ما بين النجوم ، لأن أغلب الذرات توجد في حالة الخمود ويتم امتصاص ما تشعه هذه الحالة من خطوط . وفي حالة الهيدروجين يعطى هذا خطوط - ليمان (← الطيف) . وكى يمكن رصد الخطوط الطيفية لأبد من نفاذها خلال جو الأرض ، الشيء الذي لا يتوفر على سبيل المثال في حالة خطوط ليمان تحت البنفسجية . لهذا السبب لا تظهر خطوط العناصر الشائعة ؛ الهيدروجين والأكسجين والكربون والنيتروجين .. الخ (بصرف النظر عن خطوط الجزيئات التي يوجد فيها H ، C ، N متحدة) . وبالنسبة للأبحاث فإن طيف النجوم الساخنة فقط ذو معنى أما النجوم الأبرد ففيها كثير من خطوط الامتصاص تغطي الخطوط الغير النجمية . وهذا يعنى زيادة في صعوبات الرصد ، لأن النجوم الساخنة نادرة نسبيا .

إن الخطوط الطيفية لمادة ما بين النجوم عديدة الانقسام ؛ فهي تتكون من خطوط منفصلة ذات إزاحة بالنسبة لبعضها البعض . ينشأ هذا نتيجة ← ظاهرة دوبلر . يتضح من هذا الانقسام أن الغاز مركز في سحب منفصلة وذات سرعات خطية مختلفة . كما يتضح من قياسات الإزاحة الطيفية أن السرعات تصل إلى ١٠٠ كم/ث ، أما متوسط السرعة في الفضاء لسحب HI فيقدر بحوالى ١٠ كم/ث .

بالر $H\alpha$. وإذا ما تقاربت المناطق المتأينة فإنها تظهر على شكل غاز مضئ أو سديم غازية إنبعائية . إن هذه تظهر عادة على شكل سحب محتوية على مادة داكنة غير منتظمة الشكل أو على غشاوة دقيقة متفرقة . ويقدر السديم ببضع ١٠ بارسك وتحتاز الكثافة في بعض أجزائه ١٠٠٠٠ جسيم لكل سم^٣ . وتأين هذه المناطق الكثيفة يتطلب إشعاع فوق بنفسجي شديد . لهذا السبب فإننا نجد هذه السدم أساسا بجوار أو حول النجوم الساخنة من النوع الطيفي O أو Bo (انظر بعده) . ومن النادر وجود سديم غازي نقي ، بل يغلب وجود غبار في نفس الوقت ، يعكس ضوء النجوم (← غبار ما بين النجوم) . وتوجد أسماء السدم الغازية والسدم العاكسة والأشكال البينية منها تحت إصطلاح السدم المجرية الشامل . كما تمثل ← السدم الكوكبية مجموعة خاصة من السدم الإنبعائية .

تنشأ أشد الخطوط الإنبعائية في طيف السدم الغازية من H ، He ، He^+ ، O^+ ، O^{++} ، N^+ ، N^{++} . ويتضح من الطيف أن الإشعاع هنا ليس إشعاعا حراريا مثل الحال في النجوم ، ولكن الطاقة التي يتم إشعاعها تؤخذ في الغالب من ضوء النجوم المجاورة . وكوسيلة إثارة تتسبب في إضاءة ، السديم يأتي أولا ما سبق ذكره من تأين بواسطة إشعاع النجم وما يعقبه من إعادة اتحاد . في أثناء ذلك تنبعث موجات قصيرة يمكنها بالتالي أن تؤين ذرات أخرى وتؤدي إلى اتحاد آخر . تتسبب هاتين الوسيطتين في خطوط كل من الهيدروجين والهيليوم . وهناك وسيلة ثالثة تعتمد على إنطباع خط فوق بنفسجي شديد للهيليوم مع خط O^{++} وعليه فإن أيونات O^{++} تتم إثارتها بواسطة إشعاع He^+ فترسل من جانبها خطوطا في النطاق البصري . أما الوسيلة الرابعة فهي عبارة عن إثارة المستويات المنخفضة عن طريق الإصطدام بالإلكترونات . من هنا يتم إثارة الخطوط السديمية . وهذه الخطوط لا تُرى في التجارب

موجته ٢١ سم . بذلك تنشأ ذبذبة راديوية على هيئة خط إنبعاث يمكن رصدها بالمنظار الراديوي . والخط ٢١-سم عموما منقسم ، أي أن الخطوط متزاحة بالنسبة لبعضها البعض . تأتي هذه الإزاحة الخطية من الحركة الذاتية للسحب وكذلك من دوران مجرة سكة التبانة . ومن الملاحظ أن الإزاحة نتيجة لدوران الطريق اللبني أكبر . ويمثل الرسم المرفق بعض أشكال الخطوط بشكل كروكي فقط . وتأني القسم المختلفة من إشعاع الكتل الغازية في أذرع حلزونية مختلفة . ومن نظرية دوران سكة التبانة (← سكة التبانة) يمكن تحديد أبعاد وبالتالي وضع الأذرع الحلزونية . يرجع العرض الكبير المرصود للخط ٢١ سم في إتجاه مركز سكة التبانة (المنحنى الأول) إلى تمدد شديد في إتجاه خط البصر لكل كتلة غازية على بعد من ٣ إلى ٤ بارسك من المركز .

توجد معظم سحب HII بالقرب من مستوى سكة التبانة . وإن كان بعضها قد تم رصده على مسافة ١٠٠٠ بارسك تقريبا من هذا المستوى . إن سرعات هذه السحب البعيدة كبيرة نسبيا وتصل إلى ٢٥٠ كم/ث ، وحركتها تحدث عموما في إتجاه مستوى سكة التبانة . وأسباب وجود هذه السحب عالية السرعة لم يعرف بعد ، ويزعم البعض أنها عبارة عن مادة بين مجريه دخلت إلى الطريق اللبني .

مناطق HII : إن مناطق HII التي يكون فيها الهيدروجين متأينا بفعل الإشعاع النجمي ، أسهل بكثير في رصدها لأنها تضيئ . تأتي الإضاءة من الإشعاع المنبعث أثناء إعادة اتحاد أيون الهيدروجين . فتنبعث خطوط - بالر على سبيل المثال عندما يأخذ الإلكترون بعد الاتحاد بالأيون مستوى عاليا ثم يتزل بعد ذلك إلى المستوى الأقل (← الطيف) . ونظرا لأن هذه الخطوط موجودة في النطاق البصري من الطيف فإن مناطق HII تضيئ . لقد أكتشفت مناطق من الهيدروجين ضعيفة الإشعاع بواسطة أجهزة عالية الكفاءة ومرشحات ضوئية تنفذ فقط خط

جدوى . وقد حاز الفلك الراديو على أكبر نجاح في إكتشافه جزيئات ما بين النجوم ؛ ففي عام ١٩٦٣ شوهدت لأول مرة خطوط إمتصاص الهيدروكسيد (OH) بين النجمي في طيف كل من المصدرين الراديوين المرأة المسلسلة A- والدجاجة A- . بعد ذلك أكتشفت خطوط OH إنبعاثية . ومن الواضح أن خطوط OH تصدر من مناطق مختلفة في ظروفها الطبيعية . فعلى وجه التحديد تم رصد اشعاع OH سببه إثارة حرارية وكذلك إشعاع من المؤكد أنه ليس راجعا الى أصل حرارى . وهذه المنابع الهيدروكسيلية تتواجد في أو بالقرب من مناطق HII ومن الممكن أن تكون هي نفسها مناطق HI عالية الكثافة ولها قطر صغير يقدر بضع وحدات فلكية ، إلا أنها تشع بكفاءة عالية ، كما أن بعض المنابع غير ثابتة في إشعاعها . ولا يزال السبب في الإشعاع غير الحرارى غير معروف تماما حتى الآن ، إلا أنه يسود الاعتقاد بأنه راجع لنفس المؤثر الذى يلعب دورا أساسيا في إشعاع الليزر والميزر . وفي نهاية عام ١٩٦٨ أكتشفت خطوط الأمونيا (NH₃) وبعدها بقليل خطوط الماء (H₂O) والفورمالدهايد (HCOH) . ومن المحتمل أن يكون إشعاع هذه الجزيئات ناشئ في نفس المناطق التى ينشأ فيها إشعاع OH الغير حرارى ، أو ما يشابهها من مناطق ، إذ لا يحدث دائما أن نجد إشعاع الفورمالدهايد البين نجمي في أو قريبا من منابع OH ؛ فقد أكتشفت أيضا في مناطق HI ، التى تحتوى OH . وفي أبريل ١٩٧٠ أمكن راديويا إكتشاف أول أكسيد الكربون (CO) البين نجمي والسيان (CN) وفي يونيو سيانيد الهيدروجين (HCN) وفي يوليو السيان أستييلين (HC₃N) . وتواترت إكتشافات جزيئات أخرى كثيرة حتى إنه من الممكن القول بأن أية رموز كيمياوية نكتبها في أى نظام يمكن أن تكون موجودة في الكون .

وحق الآن فإننا لانكاد نعرف شيئا مؤكدا عن عمليات بناء جزيئات ما بين النجوم . إلا أننا نفترض

المعملية الأرضية ، ولهذا ساد ، الزعم أولا بأن الخطوط الموجودة في طيف السدم الإنبعاثية راجعه إلى عنصر غير موجود على الأرض ، أطلق عليه اسم النييليوم ، إلا أنه إتضح بعد ذلك أن الخطوط السديمية «خطوط ممنوعة» لكل من O⁺⁺ ، N⁺ وتشعها الإلكترونات التى تتواجد بعد اصطدامها في مستويات شبه مستقرة . والزمن بين كل من الاثارة والإشعاع في هذه المستويات فإن أطول ١٠ مرة عما هو عليه في المستويات العادية ، أى يبلغ ١ ث . في أثناء هذه الفترة الزمنية الطويلة نسبيا يعانى الأيون كثيرا من الإمتصاص والإصطدام مما لا يتيح له فرصة لإشعاع هذه «الخطوط الممنوعة» . أما في حالة السدم فإن كثافة الجسيمات وكثافة الإشعاع صغيرة جدا ، بحيث يحدث الاشعاع بدون عوائق . في هذه الأوساط يعانى الجسيم من إصطدام كل بضع أسابيع ومن إمتصاص كل بضع سنين .

يمكن إستقبال اشعاع راديوى من مناطق HII ، حيث أن لها في هذا النطاق طيفا مستمرا وآخر خطى . وينشأ الطيف الراديوى المستمر من مقابلة بروتون وإلكترون مع عدم إلتهامها ، وإنما فقط يتغير مسار الإلكترون مشعا بذلك فرق الطاقة . أما إذا إتحد الإلكترون بالبروتون فمن الممكن أن يستقر الإلكترون على مستوى طاقة على جدا ثم يتقل بعد ذلك إلى مستوى طاقة أقل . ومثل هذا هو الحال في النطاق المرئى من الطيف (أنظر قبله) فنبعث إشعاع ذو موجات محده جدا . إكتشفت أيضا خطوط هليوم عالية الإثارة و(من المحتمل) خطوط كربون (← الاشعاع الراديوى) .

جزيئات ما بين النجوم :- تم رصد خطوط CH ، CN في النطاق البصرى من الطيف . كما أمكن حديثا بمعونة الصواريخ التحقق من الخطوط الطيفية لجزيئات الهيدروجين (H₂) في النطاق فوق البنفسجى وذلك بعد أن طال البحث عنها دون

أن هذه الجزيئات تنشأ على سطوح الغبار البين نجمي ، ونجد دليلا على ذلك في وجود الجزيئات البين نجمية في السحب الداكنة ، التي تتميز بكثافة ترابية كبيرة .

غبار ما بين النجوم [اللوحان ٦ ، ٧]

interstellar dust

poussière interstellaire (sf)

interstellare staub (sm)

هو الجسيمات الصغيرة والصلبة في المادة المبعثرة فيما بين النجوم . والغبار أو التراب في الغالب مركز في السحب وتبلغ كثافته المتوسطة 10^{-10} جم/سم³ ؛ أى أن في مكعب ضلعه ١٠٠م يوجد في المتوسط جسيم واحد . يُستدل مباشرة على التراب البين نجمي من خلال الانعكاس وغير مباشرة بما يحدث من تغيير في ضوء النجوم . وقد يبدو عجيبا أن ندرك مثل هذه المادة الدقيقة ، ولهذا لابد من تخيل حجم الفضاء الكبير الذي يحتوى تلك المادة . ويخترق ضوء النجوم هذا الفراغ في طريقه الطويل بحيث يمكن أن يحدث تغيير ملحوظ في الضوء .

الاستبعاد البين نجمي : عندما يمر ضوء النجم خلال السحابة الترابية فإنه يضعف ، أى يقاسى من إستبعاد مستمر بفعل مادة ما بين النجوم . يطلق على ذلك أحيانا إمتصاص ما بين النجوم المستمر ولو أن هذا غير صحيح تماما ، فالإمتصاص (الحقيقي) الذي تُحدثه مادة ما بين النجوم هو على العكس من ذلك خطي . ويبلغ الإستبعاد المتوسط في ضوء النجوم بواسطة التراب البين نجمي حوالى قدر لكل كيلو بارسك من الطريق . وهذه القيمة تعتمد كثيرا على الإتجاه وهو ما تسببه تركيب السحب والاختلافات في الكثافة . وقد قيست قبا للإستبعاد تبلغ عشرات مرات قدر القيمة المذكورة . يمكن تقدير الإستبعاد بطرق كثيرة . فعلى سبيل المثال نتج أثناء التعيين الفوتومتري لابعاد النجوم (← إختلاف المنظر) - عن طريق مقارنة اللمعان الظاهري والقوة

الإشعاعية - أبعادا كبيرة جدا لدرجة تفوق حد التصديق . وتبدو هذه المسافات مقبولة إذا افترضنا أن ضوء النجوم لا يعتمد فقط على كل من المسافة والقوة الإشعاعية وإنما يضعف أيضا بفعل الإستبعاد . ونستطيع من ذلك الحصول على قيمة الإستبعاد عن طريق المقارنة بالمسافة المقاسة هندسيا ، أى الغير متأثرة بالاستبعاد .

تبدو المناطق الفقيرة بالنجوم وكأنها متأثرة بإستبعاد كبير ، ولذلك فإننا نحصل عن طريق تعداد النجوم على معلومات هامة عن التجمعات الكثيفة للسحب وعن تمددها . فمن مقارنة عدد النجوم في المنطقة تحت الدراسة بالعدد المقابل في منطقة حالية من الإستبعاد ، وبافتراض أن العددين متساويين في حالة عدم وجود إستبعاد ، يمكن من الفرق الظاهري في عدد النجوم إستنتاج كثافة السحابة . يمثل هذه الدراسات أمكن تحديد توزيع الغبار البين نجمي حتى مسافة كيلو بارسك من الشمس . وقد وجدت تجمعات سحابية كثيفة تسمى بالسحب أو السدم الداكنة ، تبلغ فيها كثافة الغبار من ١٠ إلى ٢٠ مرة أكبر مما في السحب العادية ، كما أن قطر هذه التجمعات يصل إلى أكثر من ١٠٠ بارسك ، وتوجد بها مادة كتلتها مئات المرات مثل الشمس . ومثل جميع مادة ما بين النجوم فإن هذه السحب الترابية تتركز بكثرة تجاه مستوى الطريق اللبني ، وهناك تسبب في الانقسام الظاهري لسكة التبانة عند كوكبة الدجاجة ؛ كذلك فإن سحبا داكنة شديدة تغطي نواة مجرة سكة التبانة تماما . وأحيانا نشاهد أجزاء سدم تأثرت كثيرا بالاستبعاد أمام سديم لامع . وتمثل ← الكريات نوع خاص من السحب الداكنة . ترى هذه الكريات كأقراص قائمة بواسطة ما خلفها من مناطق لامعة .

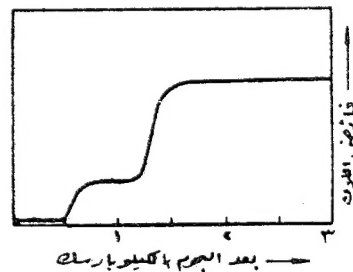
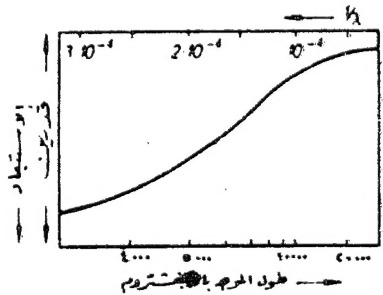
ويلقى تعداد السدم الخارجية ، أى المجموعات النجمية الأخرى ، أيضا بالضوء على المادة المتسببه

عكسياً مع طول الموجة λ وذلك في نطاق الموجات المتوسطة . أما في الموجات القصيرة جداً وكذلك الموجات الطويلة جداً فإن هناك حيوداً عن قانون التلوين هذا ، الشيء الذي يوضحه إنشاء المنحنى في الشكل . وتعتمد درجة الحيود على الاتجاه الذي يؤخذ فيه الأرصاد ، وهذا يدل على توزيع للجسيمات الترابية يختلف من مكان إلى آخر . وربما يختلف كذلك تركيبها الكيماوي أيضاً من مكان إلى آخر .

الاستقطاب البين نجمي : يأتي ضوء النجوم مستقطباً جزئياً بعد مروره في سحابة ترابية بين نجميه ، معنى هذا أن ذبذبة الضوء لها اتجاه مفضل . وإذا ما تركنا هذا الضوء يمر أمام جهاز مناسب مثل مرشح متبوع بفوتومتر فإن النجم يظهر أكثر لمعانا . واتجاه الاستقطاب موازى في الغالب لمستوى الطريق اللبني ، وإن كانت تحدث حيودات كثيرة عن ذلك . ومن هنا فإن اتجاه الاستقطاب موازى في مناطق كثيرة للشكل المرئى من تضاريس المادة غير النجمية للامعة منها أو الداكنة . ويأتى الاستقطاب من كون الجسيمات الترابية مستطيلة وموازية لبعضها في مناطق كثيرة . ويمكن أن يحدث مثل هذا التوجيه بواسطة مجال مغناطيسى قوته 10^{-6} جاوس . وعن طريق اتجاه الاستقطاب يمكن إستنتاج أن خطوط المجال المغناطيسى تمتد في الغالب على طول الأذرع

في الإستبعاد . فلا نجد من هذه السدم شيئاً قريباً من مستوى الطريق اللبني ، إذ أن هذه الطبقة تختفى بتأثير السحب الترابية المسببة للإستبعاد . تسمى هذه المنطقة أيضاً بالمنطقة قليلة السدم أو ← المنطقة الخالية من السدم . كما أن الحزام الداكن الذى نراه أحيانا على طول حافة غالية السدم الحلزونية الخارجية ، ينشأ بسبب تأثير إستبعاد الغبار البين نجمي الموجود في هذه المجموعات النجمية (اللوحة ١٥)

التلوين البين نجمي : إن الإستبعاد الحادث بفعل الغبار هو إستبعاد إنتخابي أى يعتمد على طول الموجة ؛ فالضوء الأحمر أى طويل الموجه يضعف بدرجة أقل عن الضوء الأزرق ، قصير الموجه . لهذا السبب يبدو ضوء النجم بعد مروره في سحابة ترابية ليس فقط ضعيفا ولكن أيضاً مُلوّناً ؛ حيث تترشح التوزيع في شدة الطيف لصالح اللون الأحمر . ومن قياسات لمعان النجوم في ألوان متعددة نحصل على معامل اللون كمقياس للون النجم . ويسمى الفرق بين معامل لون نجم ما والمعامل اللوني ، الذى كان يجب أن نحصل عليه تبعاً لنوع النجم الطيفي ، بالزيادة اللونية ، وتعتبر مقياساً للتلوين . وتعطى زيادة التلوين بزيادة مسافة النجم بالتالى فكرة عن البعد بيننا وبين المادة المتسببة في الإستبعاد (الشكل) . يتضح من الزيادة المفاجئة في التلوين ، على مسافات معينة ، أن المادة : مسببة التلوين ، متجمعة في صورة سحب وأن قيمة الإستبعاد تتناسب



التلوين البين نجمي : إلى اليسار العلاقة بين الإستبعاد وطول الموجه (قانون التلوين) ، وإلى اليمين القفزات المفاجئة في تلوين السحب البين نجمية مع زيادة المسافة .

الحلزونية ، وإن كانت توجد عدم تجانسات محلية في المجال المغناطيسي العام للمجرة .

إنعكاس ضوء النجوم : تعمل الكتل الترايية الكثيفة المضاءة بفعل إشعاع النجوم المجاورة على إنعكاس ضوء هذه النجوم ، فتظهر بذلك تلك الكتل كسديم عاكس . وطيف هذه السدم مستمر والفروق فيه قليلة على عكس النجم المضيء ، لكن يُرى فيه قليل من التلون والإستقطاب . إن السدم العاكسة تنتمي إلى مجموعة السدم المجرية المتناثرة ، والسديم العاكس في مجموعة الثريا مشهور جدا . ولما كان الغبار والغاز يتواجدان في الغالب معا فإن وجود سدم عاكسة تماما نادر بنفس الدرجة التي توجد بها سدم غازية تماما . وفي المناطق المجاورة للنجوم الباردة تغلب الإضاءة بالانعكاس ذو الطيف المستمر ، أما بجوار النجوم الأكثر سخونة فيغلب ضوء الغاز ذي الطيف الخطي ، وذلك لأن أشعة النجوم الباردة يمكن أن تنعكس على الغبار إلا أنها لا تستطيع إثارة الغاز حتى درجة الإضاءة . وليس من الضروري أن يكون كل ضوء السدم ذات الطيف المستمر راجع إلى الإنعكاس على الجسيمات الترايية .

طبيعة ونشأة الجسيمات : تجرى المحاولات عن طريق ما تجمع من أرصاد لإستنباط طبيعة الجسيمات الترايية البين نجمية نظريا . وقد إتضح أن تفسير قيمة كل من الإستبعاد والتلون والاستقطاب يتم عن طريق نماذج للجسيمات الترايية متباينة تماما . علاوة على ذلك فإن المعالجة النظرية للسلوك الضوئي لهذه الجسيمات الصغيرة صعب جدا . وعليه فإننا لا نعلم حتى الآن كثيرا عن طبيعة الجسيمات .

من المؤكد أن تركيب الجسيمات يعتمد على طريقة تكوينها . وفي هذا المجال هناك ثلاثة إمكانيات قيد المناقشة لنشوء الجسيمات الترايية البين نجمية . فالمجموعة الأولى من النظريات تنطلق من أن الجسيمات الترايية في مادة ما بين النجوم تبنى نفسها من غاز ما

بين النجوم ، إذ يمكن عن طريق تصادم ذرتين أو أكثر تكوين جزيء بسيط ، وتنمو نواة التكثف هذه بإقتناص ذرات أخرى . ومن المحتمل أن تعمل قوى الجذب الكهربية بين الذرات المتأينة على زيادة كفاءة تلك العملية . وتزيد درجة الحرارة الداخلية للجسيمات بدرجات قليلة عن الصفر المطلق ، وذلك بسبب الإشعاع الضعيف في الوسط بين النجوم ، إلا أنها أكبر من 10^3 ك ، التي يكون عليها جسيم مما بين النجوم يماثل «جسما رماديا» يمتص ويشع بنفس الدرجة لجميع الموجات . وفي الحقيقة فإن الامتصاص الذي تسببه المادة الترايية البين نجمية يحدث غالبا في النطاق المرئي بينما يحدث إشعاعها في النطاق تحت الأحمر من الطيف . وتقدر درجة حرارة الجسيمات من 10^5 إلى 10^3 ك كما أنها تعتمد على حجم وتركيب تلك الجسيمات . وتسبب درجة الحرارة المنخفضة هذه في أن قليلا فقط من الذرات تبخر ثانية تاركة الجسيمات . بذلك يتحدد تركيب الجسيمات من تراكم وإحتال تبخر الذرات المختلفة وكذلك شيوعها النسبي . إنه ينبغي أن تكون الجسيمات مكونة من الهيدروجين والأكسجين والكربون والنيتروجين وكذلك مزيج قليل أو كثير من المعادن . وحيث أن الهيدروجين يتحد مع الأكسجين مكونا الماء ، الذي يتواجد على هيئة ثلج وذلك نظرا لانخفاض درجة حرارة الجسيمات ، فإننا نطلق على ما يتكون بهذه الطريقة «جسيمات ثلجية مع خليط (الثلج القذر)» . ونظرا لإنعدام خبرتنا العملية عن طبيعة المادة في هذه الدرجات المنخفضة جدا ، فإن إقتناعنا بما يجري من عمليات لبناء أو تكثف أو نمو الجسيمات البين نجمية قليل جدا . إن النشأة والمو في هذه العملية يعتمدان على كثافة غاز ما بين النجوم ، فكما كانت الكثافة كبيرة كلما حدث بناء ونمو الجسيمات بسرعة أكثر . إن هناك بعض الأرصاد التي تؤيد هذا التصور . فقد ظهر على وجه التحديد في بعض السحب الغازية الكثيفة أن كثافة الغبار أكبر عنها في

السحب قليلة الكثافة . علاوة على ذلك فهناك عمليات تحد من كفاءة التبريد وربما إلى تحطيم الجسيمات . من ذلك اصطدام جسيمين تراكبين يسيران بسرعتين كبيرتين ومختلفتين . يحدث مثل هذا الاصطدام عندما تدخل سحابة أخرى . كما أنه في مناطق الهيدروجين المتأين HII (← ما بين النجوم) تصطدم الأليكترونات بسرعة كبيرة مع الجسيمات التي يحتمل تبخرها بفعل ذلك وفعل الإشعاع العالي للنجوم المجاورة . يقدر متوسط حجم الجسيمات عموما بوضع 10^{-10} سم ، أى بالتقريب في نفس رتبة طول موجة الضوء البصري .

نفترض المجموعة الثانية من النظريات أن جسيمات الغبار البين نجمي تتكون في أغلفة النجوم الباردة ثم تتحرك إلى فضاء ما بين النجوم بفعل ضغط إشعاع النجم . يعتمد تركيب الجسيمات في هذه الحالة على إمكانية تكثف العناصر المختلفة تحت تأثير الظروف الطبيعية السائدة في غلاف النجم . ويُعتقد أساسا في بناء جسيمات الجرافيت وكذلك جسيمات لها تركيب آخر مثل كبريتات السيليزيوم . ويقدر حجم جسيمات الجرافيت بوضع 10^{-6} سم . ويمكن أن تعمل هذه كنواتٍ للتكثيف في وسط ما بين النجوم ، تتجمع عليها الذرات الغازية . وفي هذه الحالة فإنها تغطي بمعطف ثلجي . ومن الممكن أن يزداد محتوى مادة ما بين النجوم من العناصر الثقيلة من خلال ما ينشأ من هذه العناصر في مجموعات كوكبية مثل مجموعاتنا الشمسية ويتحرك بعد ذلك بفعل ضغط إشعاع النجم المركزي إلى وسط ما بين النجوم . في هذه الحالة لا بد أن تتشابه الجسيمات الترابية في تركيبها مع النيازك ، أى لا بد أن يغلب على تكوينها السيليكاكات . أخيرا فقد أمكن تحليل أرصاد الاستبعاد بوجود جسيمات أقطارها بضع 10^{-7} سم وهذه التكوينات يمكن اعتبارها قبل أى شيء آخر جزيء ضخم . وتبعاً لما ذكر فإنه يمكن اعتبار غبار ما بين النجوم كمزيج من الجسيمات التي تكونت بطريق مختلفة ، وإن كان ذلك

يوضح أى العمليات هي الأكثر .

من المحتمل أن يكون للغراب البين نجمي دور أساسي في نشأة الجزيئات . ويسود الاعتقاد عموما بأن الجزيئات تتكون أساسا على سطوح الجسيمات الترابية ثم تدخل بعد ذلك إلى غاز ما بين النجوم .

الغراب

Corvus, Crv (L)

corvus

corbeau (sm)

Rabe (sm)

هو كوكبة صغيرة في منطقة الإستواء السماوي تراها في ليالي الربيع إلا أنها لا ترتفع كثيرا عن الأفق في خطوط عرضنا .

الغرب

west

ouest

Westen (sm)

إحدى ← الاتجاهات السماوية .

الغروب

setting

coucher (sm)

Untergang (sm)

هو لحظة إختفاء جرم سماوي ما تحت الأفق كنتيجة لحركته اليومية الظاهرية في السماء . وعن خصائص الغروب انظر ← الشروق .

غزو الفضاء

astronautic

astronautique (sf)

Astronautik (sf)

هو عبور الفضاء خارج الغلاف الجوي الأرضي الكثيف : ويتم غزو الفضاء بواسطة مركبات إما مأهولة أو غير مأهولة بالإنسان .

الشروط التكنولوجية :- تمثل العقبة الكبرى بالنسبة لغزو الفضاء في ضرورة إنطلاق مركبات الفضاء من فوق سطح الأرض . بذلك تخضع هذه

المركبات لتأثير جذب الأرض ، الشيء الذى يتطلب طاقة كبيرة للتغلب عليه . وعند الإنطلاق لابد أن تصل المركبات الفضائية إلى سرعة عالية وفى وقت قصير بقدر الإمكان . وعلى مقدار السرعة التى وصلنا إليها يعتمد ما إذا كانت مركبة الفضاء ستغادر الأرض أم ستعود إليها ثانية . وإذا ما أردنا الطيران حول أو الوصول إلى أجسام سماوية أخرى فإن أصغر سرعة يتطلبها ذلك هى حوالى ١١.٢ كم/ث . وتلك السرعة هى ما يسمى بالسرعة المكافئة أو سرعة الإفلات . كما تسمى أيضا بمرحلة السرعة الكونية الثانية . فإذا ما حصل جسم ما على هذه السرعة تماما فإنه يمكنه الإفلات من قبضة جاذبية الأرض من فوق مدار على شكل قاطع مكافئ . يمكن أيضا أن يصل جسم ذو سرعة أقل من ذلك إلى الفراغ الخارجى . لكن لابد فقط من إسرار الصاروخ الذى يحمله عدة مرات متتالية . إلا أن الطاقة الكلية المطلوبة فى هذه الحالة ، أى أيضا كمية الوقود ، تصبح هائلة الكبر . ويعد استخدام الصواريخ متعددة المراحل أنسب بكثير عن ذات المرحلة الواحدة : لأنه بعد سقوط مرحلة محترقة فإننا نحتاج إلى إسرار كتلة أقل . ومن الممكن كذلك خفض السرعات المطلوبة لمركبات الفضاء بعض الشيء وذلك باستغلال جاذبية أجسام سماوية أخرى مثل القمر . ويمكن أن يحدث ذلك بتحديد مدار الجسم الطائر بحيث يمر بالقمر . وفى هذه الحالة تتقابل جاذبية القمر مع جاذبية الأرض ، الأمر الذى يؤدي إلى نقص شديد فى جاذبية الأرض للجسم الموجود على مسافة بعيدة . وهناك إمكانية أخرى تكمن فى إستغلال دوران الأرض حول محورها وذلك بأن يتم الإطلاق فى إتجاه دوران الأرض . وللتحكم فى مركبات الفضاء ودفعها فإن الصواريخ هى وحدها المناسبة ، لأنها من ناحية تحمل وقودها وما يتطلبه الاحتراق من أكسجين فى داخلها . ومن هنا فإنها لا تعتمد على الأكسجين الموجود فى الهواء . ومن ناحية أخرى لأن مبدأ الحركة إلى الأمام ينطبق للصواريخ

أيضا خارج الغلاف الجوى الأرضى ، على خلاف الطائرات ، على سبيل المثال . والزمن الذى يعمل أثناءه جهاز دفع الصاروخ صغير جدا إذا قيس بزمن الطيران الكلى . فركبة الفضاء تتحرك أطول وقت من مدارها بدون دفع وتحت تأثير جذب الأجسام السماوية المجاورة فقط . ويتحدد شكل المدار وسرعته من كل من السرعة وإتجاه الحركة عند إنتهاء احتراق الصاروخ وكذلك من كتلة ومسافة الأجسام السماوية المجاورة . وفى أثناء الطيران تتحرك مركبات الفضاء تبعا لقوانين الميكانيكا السماوية فقط . أى أن المدارات التى تسير فيها هذه المركبات عبارة عن مقاطعات مخروطية تقريبا ، لأنه الجسم الطائر ليس واقعا تحت تأثير جاذبية جسم كروى مماثل فقط يسمى هذا الجزء من المدار بالجزء السلبى . وذلك على العكس من الجزء الإيجابى ، الذى يحدث فيه الدفع . وفى أثناء الهبوط على جسم سماوى آخر أو عند العودة إلى الأرض يلزم إستخدام صواريخنا تعمل فى الإتجاه المضاد لإتجاه عملها أثناء الدفع . أى أنه توجد قطعة مدار إيجابية فى نهاية رحلة مركبة فضائية . ولما كان شكل المدار الإيجابى يعتمد من بين عوامل أخرى على سرعة وإتجاه حركة الجسم المنطلق وقت نفاذ الوقود من صاروخ الدفع ، فإن الاختلافات الصغيرة فى الإتجاه أثناء الجزء الإيجابى من الرحلة وكذلك فى زمن احتراق الصاروخ تؤدي إلى إختلاف كبير عن المدار الإيجابى المطلوب . ويتم تصحيح المدار بواسطة صواريخ تصحيح أو عن طريق إعادة فتح موتور الصاروخ . فى أثناء ذلك تتغير كل من السرعة اللحظية وإتجاه حركة مركبة الفضاء ، الشيء الذى يُغير من شكل المدار الإيجابى النهائي بالنسبة للمدار السابق ، أى أننا ننتقل من قطع مخروطى إلى آخر . الشروط الواجب توافرها فى مركبة الفضاء المأهولة بالإنسان :- هناك صعوبات خاصة تعوق إرسال المركبات المأهولة بالإنسان إلى الفضاء ، لأن الظروف السائدة خارج الغلاف الجوى الأرضى معادية جدا

ويرجع الإجهاد النفسى إلى اضطراب طاقم مركبة الفضاء للبقاء فترة زمنية طويلة في أصغر حيز ومن كون رحلات الفضاء مازالت مليئة بالمجازفات على الرغم من كل الإحتياطات المتبعة .

الأهداف العلمية :- يمكن تلخيص الأهداف العلمية من وراء رحلات الفضاء إلى أهداف مباشرة تتعلق بإجراء أبحاث على الأجسام الغير أرضية ، لا يمكن القيام بها باستعمال الوسائل الفلكية التقليدية ، وفى نطاق طبي لا نستطيع رصده من على سطح الأرض بسبب تأثير إمتصاص الغلاف الجوى الأرضى . ومن ناحية أخرى يتم إجراء أبحاث على الظواهر الأرضية الكبيرة ، التى يمكن رصدها بطريقة أحسن من مكان موجود على إرتفاع بضع مئات الكيلومترات عن سطح الأرض ، أو الأبحاث التى نحتاج لإجرائها جسما بعيدا جدا . تنتمى إلى هاتين المجموعتين الأخيرتين على سبيل المثال كل الأرصاد من الأقمار الصناعية (المأهولة وغير المأهولة) ، التى تهتم بالأحداث الجوية . من ذلك مثلا يمكن الحصول بواسطة الأقمار الصناعية ، على معلومات عن توزيع السحب خصوصا فوق المحيطات ومناطق الأرض نادرة السكان وعن تطور الطقس فى الأماكن الأخرى ، بواسطة الأقمار الصناعية تفوق فى جودتها ما نحصل عليه من محطة أو محطات رصد أرضية . وأيضا بالنسبة لأغراض المساحة الدقيقة أعطت رحلات الفضاء إمكانيات جديدة ، أدت إلى تحسين كبير فى الدقة . وفى هذا الشأن يستعمل لأغراض القياسات المساحية الدولية ، فى غالب الأحوال أقمارا صناعية كأهداف مساعدة ينعكس عليها نبض من أشعة ليزر ، ينبعث من مكان ما . ومن زمن وصول النبض من مكان الإرسال إلى مكان الإستقبال يمكننا تعيين المسافة بين المكانين ، التى يمكن أن تصل إلى عدة آلاف الكيلومترات وذلك بدقة تصل إلى بضعة أمتار . وتضم خطط غزو الفضاء بناء شبكة مساحية عالمية عالية الدقة تشمل كل أنحاء الأرض . يمكن

لحياة الإنسان . وإحدى هذه الصعوبات يُمثّلها الفراغ الكامل تقريبا من الوجهة العملية ، الذى تحدث فيه رحلات الفضاء . بذلك نفتقد الأكسجين الذى لا نستطيع الإستغناء عنه فى عملية التنفس . ولهذا فن الضرورى أن تكون لمركبات الفضاء كبائن محكمة ضد الفراغ الخارجى ، تهيم لطاقها الظروف الملائمة للحياة . وفى ذلك لابد من العمل على أن يستعاض الهواء المستهلك دائما بآخر جديد . ولنفس الأسباب فإن مغادرة سفينة الفضاء ممكن فقط فى حُلل خاصة محكمة ضد الفراغ . ولكائية الجسم الفضائى الطائر مهمة أخرى ، هى حماية الإنسان ضد تأثير العوامل الغير أرضية ، مثل الخطر الذى يأتى من الإشعاع القوى للشمس فى النطاق فوق البنفسجى . ولو أن الإنسان وُضع بغير وقاية فى هذا الإشعاع فسوف يعانى من إحتراق شديد فى حدود وقت قليل . وليس هذا هو الحال عند سطح الأرض لأن غلافها الجوى غير منفذ للإشعاع . كذلك فإن الغلاف الجوى الأرضى يمثل أيضا وقاءا للإنسان ضد الأشعة الكونية ، وإن كان هناك إشعاعا ثانويا ضعيفا يتغلغل إلى سطح الأرض . تستعمل كذلك كهيئة مركبة الفضاء للوقاية من جسيمات الأشعة الكونية منخفضة الطاقة . وعلاوة على ذلك لابد أن يحتوى رجل الفضاء من أى إرتطام محتمل لشهاب أو نيزك بحجم المركبة . إلا أن هذا الخطر ليس كبيرا جدا بالنسبة للمخاوف السابقة . ولضمان سلامة رجال الفضاء فإن الكبائن تصنع مزدوجة الحائط حتى يمكن بشدة فرملة أى شهاب يحتمل إرتطامه بالسفينة فى الطبقة الخارجية ، بحيث لا يمكنه الوصول إلى الطبقات الداخلية .

بجانب هذه الأخطار الخارجية يحدث لرجال الفضاء إجهاد جسمى ونفسى . وهذان يرتبطان ، على سبيل المثال ، بفعل العجلة الشديدة التى تحدث فى أثناء كل من الإنطلاق والهبوط وكذلك بسبب فقدان الجاذبية أثناء قطع الجزء الإيجابى من المدار .

الظروف الفيزيائية . مثال ذلك أن نضع جسيمات مشحونة ، أيونات ، في منطقة ما بين الكواكب ونستنتج من حركاتها تركيب وشدة المجال المغناطيسى الموجود . وبذلك فإننا نحاكى الظروف السائدة في الذبول المتأينة من ← المذنبات . أى أننا نكون مذنباً صناعياً صغيراً .

وبالنسبة لدراسة القمر والكواكب التى تليه مثل الزهرة والمريخ فقد أتاح غزو الفضاء إمكانيات جديدة . وبالنسبة لكوكب ← الزهرة فقد عرفنا كل من تركيبه الكيماوى ودرجة حرارته وظروف الضغط والمجال المغناطيسى فوقه وذلك لأول مرة خلال المرور القريب لمركبات الفضاء ، وكذلك من القياسات التى تم إرسالها بالراديو أثناء إختراق المركبة للغلاف الجوى للكوكب . وقد تمكنا من معرفة تضاريس سطح ← المريخ ، الذى يشابه كثيراً تضاريس سطح القمر ، بعد أن أمكن تصوير الكوكب بمساعدة سفن الفضاء من على مسافة بضعة آلاف الكيلومترات . ويعد أكبر نجاح لغزو الفضاء حتى الآن في مجال دراسة ← القمر . بدأ ذلك بتصوير الجانب الخلفى من القمر ، ذلك الجانب الذى لا يرى من على سطح الأرض ، بواسطة سفينة الفضاء السوفيتية «ليونيك ٣» . ثم إستمرت الإستكشافات بواسطة سفن الفضاء ، التى درت كأقمار صناعية حول القمر والأخرى التى إرتطمت بسطحه أو هبطت هبوطاً هيناً عليه . وفى أثناء ذلك تم عمل تجارب ، أتاح إستخلاص النتائج حول التركيب الكيماوى وتضاريس سطح القمر . وقد كان هبوط الإنسان على سطح القمر ذروة في تاريخ غزو الفضاء . بذلك خطى آدميون لأول مرة فوق سطح جسم سماوى آخر . وبالإضافة إلى إتساع مجال عمل الإنسان فقد أتاح هبوطه على سطح القمر على سبيل المثال فرصة الدراسة المباشرة للسطح . وإقامة أجهزة قياس خاصة ، وكذلك إجراء الأبحاث على صخور القمر في المعامل الأرضية . وجزء من هذه الواجبات يمكن إجراؤه

بالإضافة إلى ذلك وعن طريق متابعة عدم الإنتظام في حركة الأقمار الصناعية إستنتاج الاختلافات في مجال الجاذبية الأرضى . وهذا يعطى بدوره ، من بين أشياء أخرى ، إيضاحات عن إختلافات الكثافة في الطبقات العليا من جسم الأرض ، والتي يمكن أن تنتج من مناطق غنية بالمعادن الثقيلة . ويمكن بهذه الطريقة أن يضيف غزو الفضاء إلى إكتشاف مناطق المواد الحام . كذلك يمكن أيضاً من فحص مجال الجاذبية الأرضى إستنتاج الشكل الدقيق للأرض (← الأرض) . وعلاوة على كل هذا أضاف غزو الفضاء كثيراً للمعلوماتنا عن المجال المغناطيسى . فقد إتضح أن الأرض محاطة ← بأحزمة إشعاعية ، ذات أشعة كونية كثيفة ، لأن جسيماتها المشحونة يتم إقتناصها بواسطة المجال المغناطيسى الأرضى ، الذى يخترنها في هذه المناطق . ومن ناحية أخرى إتضح أن الأحزمة الإشعاعية يمكن إعتبارها أجزاء من ← الماجنيوسفير ، يتحدد شكلها بالتفاعل المشترك للمجال المغناطيسى الأرضى مع جسيمات الرياح الشمسية المشحونة .

أما بالنسبة للفلك فقد نتج عن غزو الفضاء لأول مرة إمكانية الأبحاث على الأجسام الخارجية ، أى الموجودة خارج الأرض . بذلك فإن الفلك في أبحاثه على الأجسام التى تصل إليها أرصاد الأقمار الصناعية ، لم يعد مقتصرًا على الأبحاث التى تعتمد على الإشعاع الذى تبعث به أو تمتصه هذه الأجسام . وقد بدأت معرفتنا الدقيقة بعض الشيء عن الكثافة والتركيب الكيماوى وظروف الحركة والمجال المغناطيسى في ← مادة ما بين الكواكب ، على سبيل ، المثال منذ أمكن إستخدام سفن الفضاء في دراسة فضاء بين الكواكب . وبالمثل فإنه يمكن دراسة المركبة الإبتدائية من ← الأشعة الكونية خارج الغلاف الجوى الأرضى الكثيف فقط . بالإضافة إلى ذلك فقد أتاح غزو الفضاء فرصة لإجراء تجارب فيما بين الكواكب ، يمكن منها إستخلاص النتائج عن

بسفن الفضاء الأوتوماتيكية التي تهبط لنا على سطح القمر ، حيث تقوم بفحوص وربما يمكن إعادتها ثانية إلى الأرض . وفي هذا المجال فإن للمركبات الأوتوماتيكية أو التي يتم التحكم فيها من الأرض ، مثل «لوناخود ١٠» ، أهمية خاصة ، لأن الأبحاث التي تقوم بها لا تقتصر على مكان الهبوط وإنما تمتد إلى مناطق بعيدة ولفترات زمنية طويلة . وهذه الأبحاث بالذات في غاية الأهمية بالنسبة لمعلوماتنا عن تاريخ نشأة القمر وكل مجموعة الكواكب .

وقد كانت نتائج رحلات بيونير وفويجر ضمن برنامج غزو الفضاء الأمريكي بمثابة أولى وأهم المعلومات التي حصلنا عليها لكل من المشتري وزحل فقد بلغ ، بعد رحلات غزو الفضاء ، عدد أقمار الأول إلى ١٥ والثاني إلى ١٧ ، بعد أن كان ١٢ للمشتري و٩ لزحل قبل غزو الفضاء . وقد توقفت هذه الرحلات على كثير من أسرار الكوكبين والظروف المحيطة بهما .

يهبط الإنسان على سطح القمر يأتي السؤال عن إمكانية هبوط الإنسان فوق أجسام سماوية أخرى ، كي يمكن أيضا إجراء أبحاث مباشرة فوقها . وتعتبر على سبيل المثال رحلة إلى كوكب الزهرة المجاور محاولة صعبة بطريقة لا تقارن برحلة إلى القمر . فالمسافة التي لابد أن تقطع في هذه الحالة تقدر بمئات الملايين من الكيلومترات . بالإضافة إلى ذلك فإن مسار الرحلة يختلف كثيرا عنه في حالة القمر . فلما كانت الأرض تدور مع القمر سويا حول الشمس ، كما أن البعد بينها يتغير قليلا فقط ، فإن الرحلة بينها يمكن أن تبدأ في أي وقت . أما فترة الرحلة فتستغرق بضع أيام قليلة فقط . ويختلف الحال عن ذلك بالنسبة للرحلات إلى الكواكب المجاورة . فكل من الأرض والكوكب الذي ستزوره وسفينة الفضاء ، في الجزء الإيماني من مدارها ، تتحرك جميعا بدون اعتماد على بعضها البعض في مجال تتأقل الشمس . كما أن لكل

منها مدارا يضاويا بذاته حول الشمس . ومجال تتأقل هذه الأجسام كبير التأثير فقط أثناء إقتراب سفينة الفضاء من الكوكب المقصود وفي أثناء الإنطلاق من والهبوط على الأرض . وحيث أن سفينة الفضاء يمكن إسراعها فقط فوق أقل جزء من المدار - وإلا أصبح المطلوب من الوقود كبيرا جدا - لذلك لابد من اختيار النقطة الزمنية للإنطلاق ، بحيث تكون سفينة الفضاء بالقرب من مدار الكوكب المقصود حول الشمس ، في نفس اللحظة التي يكون الكوكب أيضا هناك . إن إجراء تغيير في المدار أثناء الرحلة ممكن بدرجة قليلة فقط وذلك بسبب الحاجة إلى الوقود . وعلى نفس المنوال فإن رحلة العودة يمكن أن تبدأ بعد فترة انتظار ، وإلا أنحطت مركبة الفضاء طريقها إلى الأرض . ومن ناحية الطاقة فإن أنسب مدار يضاوي يربط بين كوكبين تحت تأثير جذب الشمس ، هو أي المدارين اللذان يمسان الكوكبين ، أي مدار الأرض أو الكوكب المراد الوصول إليه ، وإن كان ذلك يتطلب زمنا طويلا للسفر . مثال ذلك أن الرحلة إلى الزهرة والعودة منها تستغرق حوالي ٢٥ شهرا ، وإلى المريخ ومنه ٣٢ شهرا بما في ذلك من أزمته الإنتظار . وتستغرق الرحلات إلى الكواكب الأبعد وقتا أطول مما ذكر بكثير وبالتالي فإنها تتطلب وقودا أكثر . وهذا يجدد من المسافات التي نستطيع أن نجتازها بالتكنولوجيا الحديثة . وكانت أبعد مسافة وصلتها مركبة فضاء هي حتى الكوكب زحل الذي بلغت فويجر ١ بعد أن طافت بالمشتري . أما الرحلات في مادة ما بين النجوم وإلى النجوم المجاورة فإنها لا تزال ضربا من الخيال بسبب البعد الشاسع وما يتطلبه من فترات زمنية في السفر تقدر ببضع مئات السنين .

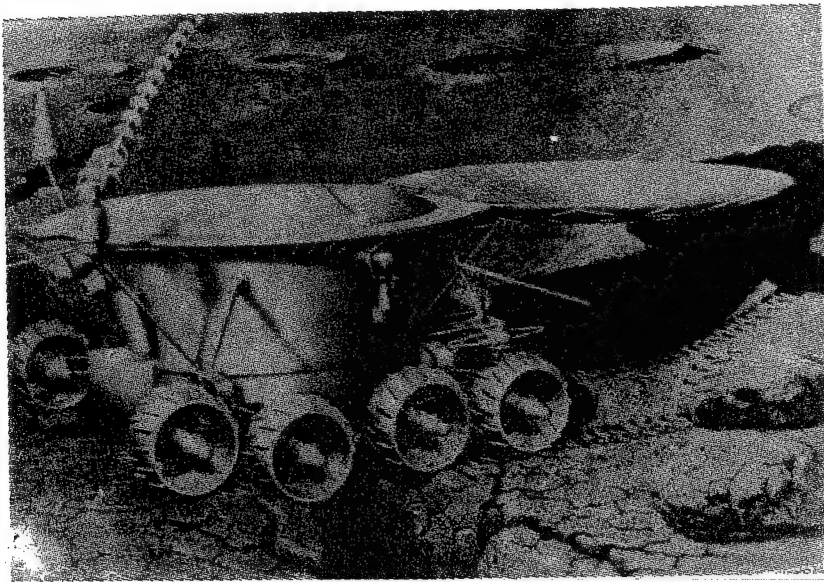
إكسب غزو الفضاء أهمية بالنسبة لأبحاث الأجسام البعيدة مثل النجوم والمجموعات النجمية الخارجية ، لأنه يتيح إمكانية الدراسة الطيفية في مناطق من الطيف لا تفصل إليها من على سطح الأرض . وتلك المناطق الطيفية هي بالتحديد فوق

وأشعة إكس . وحاليا فإن أخذ الأرصاد من خارج الغلاف الجوى الأرضى يتم أساسا بواسطة صواريخ الأبحاث والأقمار الصناعية الأرضية (← القمر الصناعى الأرضى) .

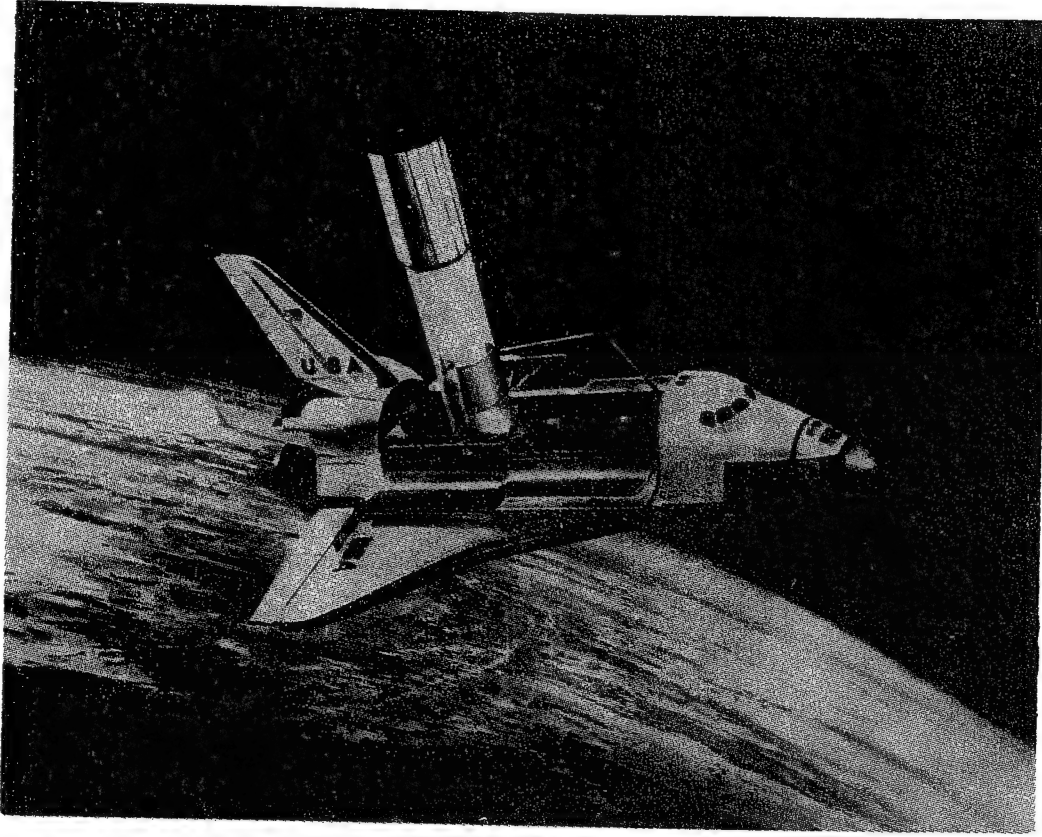
عرض تاريخى : بعد الحرب العالمية الثانية بدأ الاتحاد السوفيتى وبدأت الولايات المتحدة الأمريكية فى دراسة الغلاف الجوى العلوى بالصواريخ . وقد حدثت خطوة أساسية فى غزو الفضاء يوم ٤ أكتوبر عام ١٩٥٧ ، حيث إنطلق فيه ← القمر الصناعى السوفيتى الأول ، «سبوتنيك ١» . وبإطلاق «ليونيك ٢» فى ١٤ سبتمبر ١٩٥٩ أمكن لأول مرة إرسال جهاز من بناء آدمى إلى جسم سماوى آخر ، وتحطم ليونيك ٢ أثناء إرتطامه بسطح القمر . ثم حدث أول هبوط لين على سطح القمر (٣ فبراير ١٩٦٦) لسفينة الفضاء «لونا - ٩» ، التى إنطلقت بالمثل من أرض الاتحاد السوفيتى . وفى ١ مارس ١٩٦٦ أمكن وصول سفينة الفضاء السوفيتية «فينوس - ٣» لأول مرة إلى كوكب آخر ، هو الزهرة .

البنفسجى وأشعة رونتجن وجاما وكذلك الموجات الميكرونية القصيرة جدا ، أى الإشعاع الكهرومغناطيسى ذى الطول الموجى الأقل من جوالى ١ مم . وقد أدت الأرصاد فى مثل هذا النطاقات الطيفية ، على سبيل المثال ، إلى إكتشاف منابع غير أرضية لأشعة رونتجن أو إلى إكتشاف ظهور خطوط إنبعاث فى طيف الشمس بجوار الطول الموجى ١٧٠٠ أنجستروم تقريبا على خلاف خطوط الإمتصاص الموجودة فى المنطقة البصرية . إلا أن إتساع نطاق الأرصاد الفلكية يقابل بصعوبات تأتى قبل كل شئ من أن الأجهزة المستخدمة عموما فى سفن الفضاء غير المأهولة لا بد أن تنقل إلى مدار الدوران حول الأرض . وبذلك تظهر ضرورة إجراء كل الأرصاد عن طريق التحكم البعيد ونقل النتائج إلى الأرض ، الأمر الذى يتطلب تحفظات تكنولوجية كبيرة .

وإذا كانت الأرصاد التى تؤخذ من خارج الغلاف الجوى الأرضى تدخل كإضافات وتحسينات على الأرصاد الأرضية فإن غزو الفضاء قد فتح الباب على مصراعيه لوسيلة جديدة للرصد هى أشعة رونتجن



موديل المركبة القمرية السوفيتية لونا-٩ .



مكوك الفضاء الأمريكى فى مداره وعلى منته منظارا فلكيا .

إستطاع الإتحاد السوفيتى إعادتها فى ٢٠ سبتمبر ١٩٧٠ . كما أن أول عربة أنزلت على سطح القمر هى «لوناخود-١» (١٧ نوفمبر ١٩٧٠) ، التى قامت ببرنامج أبحاث كبير. وفى الوقت الذى يركز السوفيت أبحاثهم على الزهره المريخ نجد الأمريكيين يواصلون إرسال سفنهم الفضائية إلى الكواكب العملاقة البعيدة فى المجموعة الشمية ، المشتري وزحل ، وقد لاقت رحلتى «فويجر-١ وفويجر-٢» نجاحا كبيرا ونتج عنها إكتشافات علمية هامة لهدبين الكوكبين .

الفضاء الواقى للمنظار

dew cap
tube pare- buée (sm)
Taukappe (sf)

← المنظار .

كانت أول رحلة فضاء مأهولة بالإنسان فى ١٢ أبريل ١٩٦١ ، حيث حملت سفينة الفضاء «فوستوك» الميجور السوفيتى «يورى جاجارين» . وفى ١٨ مارس ١٩٦٥ بقى لأول مرة إنسان ، هو رجل الفضاء السوفيتى «أ . ليونوف» لمدة ١٠ دقائق فى الفضاء خارج السفينة . وفى الفترة من ٢١ - ٢٧ ديسمبر ١٩٦٨ قام الأمريكيون الثلاثة «ف . بورمان» ، «ج . لوفل» ، و«و . أندرز» بالدوران حول القمر فى سفينة الفضاء «أبوللو ٨» . وفى ٢١ يوليو ١٩٦٩ هبط لأول مرة آدميون هما الأمريكيان «ن . أرمسترونج» و«أ . الدرين» على سطح القمر . وكانت أول إستعادة أوتوماتيكية لسفينة هبطت على القمر هى للسفينة «لونا ١٦» ، التى

الغلاف الجوى

atmosphere

atmosphère (sf)

Atmosphäre (sf)

فى معناه الحقيقى هو ما يحيط بالجسم من هالة غازية مثل جو ← الكوكب وكذلك ← جو الأرض . وفى المعنى المستعار يدل الغلاف الجوى على الأجزاء الخارجية قليلة الكثافة من النجم أى أجواء النجوم .

الغلاف الجوى الأرضى

earth's atmosphere

atmosphère terrestre (sf)

Erdatmosphäre (sf)

هو ما يحيط بالكرو الأرضية من غاز . ويبقى الغلاف الجوى نتيجة قوة الجاذبية الأرضية ، كما يشارك بأجزائه السفلى ، التى تسمى أيضا بالغلاف الجوى الداخلى ، مع دوران الأرض . وعلى إرتفاع بضع مئات الكيلومترات تتأخر بالتدرج الطبقات العليا بالنسبة للطبقات السفلى السريعة . تبلغ الكتلة الكلية لغلاف الأرض الجوى 5.3×10^{18} كجم . وهى بذلك أقل من جزء من مليون من كتلة الأرض ، إلا أنها مهمة جدا للحياة على كوكبنا . فبغض النظر عن إشراكها فى بناء ووظائف الأعضاء فإنها تمثل درعا واقيا ضد النيازك والإشعاع الشمسى قصير الموجه وكذلك ضد الإشعاعات الجسيمية . وتتأثر جميع الأرصاد الفلكية بالغلاف الجوى الأرضى . فيتغير الضوء الواصل إلينا من الأجرام السماوية فى شدته وتركيبه الطبقى ، بواسطة الإنكسار والإستبعاد والتألق ، أثناء مسوره فى جو الأرض . كما يضيف الإشعاع الذاتى للغلاف الجوى الأرضى إضافة أساسية إلى ضوء الليل . وتستمد الشهب ظهورها وتركيب طيفها من وجود الغلاف الجوى الأرضى وتركيبه . وبذلك تتضح أهمية إعطاء فكرة عن تكوين الغلاف الجوى الأرضى ، ولو أنه لا يتمنى إلى مجالات بحث الفلك وإنما إلى مجالات الجيولوجيا والميتيورولوجيا . كذلك فإنه من الممكن

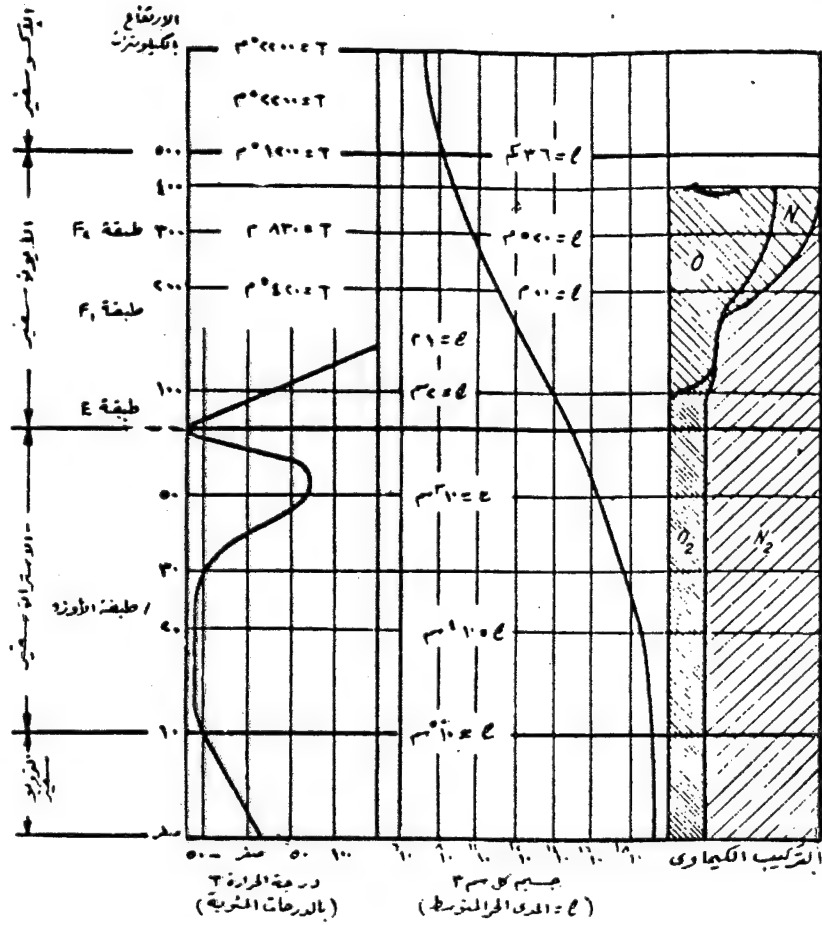
أن تضيف معلوماتنا الفلكية إلى ما نعرفه عن تركيب الغلاف الجوى الأرضى .

تقل كثافة الغلاف بالإرتفاع عن سطح الأرض . وتوجد حوالى ٩٠٪ من الكتلة الكلية للغلاف الجوى الأرضى فى منطقة يصل إرتفاعها إلى ٢٠ كم فوق سطح الأرض . وتقدر كثافة الغلاف الجوى ، فى درجة الصفر المئوى وتحت ضغط عادى أى ضغط جوى ٧٦٠ تور = ١٠١٣ ملى بار ، حوالى ١.٢٩ كجم/م^٣ . وفى اسم^٣ عند سطح الأرض يوجد أكثر قليلا من ١٠ جزئ (أنظر الشكل) .

تم تقسيم الغلاف الجوى الأرضى إلى الطبقات الآتية الشكل :-

(١) التروبوسفير ويمتد من سطح الأرض إلى إرتفاع ١٠ كم تقريبا . وحدوده أعلى فى مناطق خط الإستواء عنها فى مناطق القطبين . وفيه تنخفض درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع بحوالى ٠.٦ درجة لكل كم ، أى أنها تصل إلى -٥٠ م° عند حدود التروبوسفير . وفى طبقة التروبوسفير تحدث عمليات الطقس . وفى داخل التروبوسفير يتم التمييز بين الطبقة الأرضية (إلى إرتفاع ٢ م) والطبقة الأساسية (حتى ٢ كم إرتفاع) والطبقة الإنتقالية التى تبدأ عند إرتفاع حوالى ٨ كم ، التروبوز .

(٢) الإستراتوسفير ويلى التروبوسفير ويمتد إلى إرتفاع حوالى ٨٠ كم . وفيه تظل درجة الحرارة ثابتة أولا مع زيادة الإرتفاع وتزداد بعد ذلك إلى أن تصل حوالى ٧٠ م° ثم تبدأ فى الإنخفاض عند إرتفاع ٦٠ كم وحتى حدود الإستراتوسفير العليا حيث تكون قد وصلت إلى -٧٠ م° . وحديثا يطلق إسم الإستراتوسفير على الجزء الثابت فى درجة حرارته ، أى من إرتفاع حوالى ١٠ كم إلى ٣٠ كم . أما الجزء من ٣٠ كم إلى ٨٠ كم فيسمى بالمسوسفير . (٣) الأيونوسفير ويمتد من ٨٠ كم إلى ٥٠٠ كم فى الإرتفاع . وفيه يحدث تأين الذرات والجزيئات ، وعلى وجه الخصوص ،



تقسم وتركيب الغلاف الجوى الأرضى. ويراعى أن المعلومات المدونة على الشكل مازالت غير دقيقة عن الطبقات العالية بدءا من الأيونوسفير.

الشمس ونشاطها . والإضطراب الشمسى ولو لزمنا قصير قادر على إحداث إضطرابات كبيرة فى الأيونوسفير ، حيث أن الإشعاعات الشمسية غزيرة الطاقة جدا ، وبذلك فإن الأيونوسفير يعتبر كترموتر حساس لما يحدث فى الشمس (← الظواهر الشمسية - الأرضية) . ويلعب الأيونوسفير دورا كبيرا فى الإتصال اللاسلكى فوق الكرة الأرضية ، لأن الطبقة المتأينة والموصلة للكهرباء لها قدره على عكس الموجات القصيرة . لذلك فإنه يمكن دراسة الأيونوسفير بإرسال موجات موجات ذات أطوال مختلفة وفحص ما ينعكس منها . (٤) المنطقة من جو الأرض فوق ٥٠٠ كم تسمى الإكسوسفير أو الفضاء

بتأثير الإشعاع البنفسجى من الشمس . وتبلغ كثافة الإلكترونات فى الأيونوسفير نهاية عظمى كبيرة . وتبعاً لذلك ينقسم الأيونوسفير إلى طبقات مختلفة : طبقة - D ، وطبقة E (قدما طبقة هينى سيد - كينلى) ، ثم طبقتى F₁ ، F₂ (قدما طبقة أيلتون) . وفى طبقة E- تتأين جزيئات الأكسجين (O₂) ، وفى طبقة تتأين ذرات الأكسجين (O) وجزيئات النيتروجين (N₂) . وينحدد إرتفاع طبقة من هذه الطبقات من جهة بعمق نفاذ أشعة الشمس المؤينة ومن ناحية أخرى بانخفاض عدد الجسيمات مع زيادة الإرتفاع ، كما يتأرجح كل من إرتفاع الطبقة وكثافة الإلكترونات حسب حالة

الأكسجين فى صورة ذرية فقط . كما يحدث نفس الشئ بالنسبة للنيتروجين عند إرتفاع من حوالى ١٥٠ إلى ٢٠٠ كم . وفى الأجزاء السفلى من الاستراتوسفير على إرتفاع حوالى ٢٥ كم يوجد أكبر تركيز من الاوزون O_3 ؛ ولذلك تسمى هذه الطبقة أيضا بالأوزونوسفير . كما أنه توجد بالطبع كميات من الغبار .

تختلف نفاذية الغلاف الجوى باختلاف طول الموجه (الشكل ، ← الطيف) . والأشعة ذات الطول الموجى الأقصر من ٣٠٠٠ أنجستروم يتم امتصاصها بواسطة O_3 و O_2 . فإذا ما أردنا رصد الأجرام السماوية فى هذه الموجات فإن ذلك يستلزم الإرتفاع لأكثر من ١٠٠ كم عن سطح الأرض (مثلا عن طريق إطلاق الصواريخ) . والغلاف الأرضى منفذ للموجات فى الحيز من ٣٠٠٠ إلى ٦٠٠٠٠ أنجستروم . وهذا النطاق الطيفى الذى يضم المنطقة القريبة من فوق البنفسجى والطيف البصرى وتحت الأحمر يسمى بالنفاذة البصرية . والإشعاع ذو الموجه الأطول يتم امتصاصه فى جو الأرض (بصرف النظر عن حيز طيفى ضيق) . يعتبر جو الأرض منفذا بالنسبة للإشعاع ذو الموجات الطويلة من بضعة مليمترات إلى ٢٠ م . وفى هذا الحيز يتم أخذ الأرصاد الفلكية الراديوية ويسمى لذلك بالنفاذة الراديوية للغلاف الجوى الأرضى . أما الموجات الأطول من ذلك والتي تأتى من خارج الغلاف الجوى الأرضى فتنعكس على الطبقة المتأينة من الأيونوسفير وهى لذلك لا تصل إلى الأرض . وإشعاع الأرض الحرارى فى الموجات الطويلة وكذلك إمتصاص هذا الإشعاع بواسطة بخار الماء مهم جدا فى التوازن الحرارى فى طبقات الغلاف الجوى الأرضى السفلى ، حيث يعمل هذا الإمتصاص على عدم فقدان الأشعة الحرارية الأرضية كلية فى الكون . أى أنه يعمل كبيت زجاجى للإشعاع الحرارى الأرضى . ويقال ذلك كثيرا فى حالة عدم وجود السحب وجفاف الهواء

الخارجى وتدخل بالتدرج فى الفضاء الكونى . معنى ذلك أن الكثافة تقل دائما إلى أن يتقابل الغلاف الجوى الأرضى مع غاز ما بين الكواكب . أى أن الغلاف الجوى الأرضى ليس له نهاية مادية بالنسبة للفضاء . كما يمكن أن تنتقل أجسام من الطبقة العليا إلى مادة ما بين الكواكب ، حيث أن جاذبية الأرض فى هذه المناطق صغيرة وتبلغ على إرتفاع ١٠٠٠ كم حوالى ٧٥٪ من قيمتها عند سطح الأرض ، ومن ناحية أخرى فإن المشوار الحر ϕ ، أى متوسط المسافة التى يقطعها جزيء بين اصطامين مع جزء آخر فى الإكسوسفير ، يصل إلى عشرات الكيلومترات (الشكل) وبذلك فإن الجزيئات تسير بين كل اصطامين مسافات حرة فى مجال الجاذبية (مثل القمر الصناعى) ، كما يمكن لهذه الجزيئات الإفلات من جو الأرض ، إذا كانت سرعة هذه الجزيئات كافية .

إن تركيب الغلاف الجوى متماثل على الأقل فى أجزاءه السفلى حيث يوجد تقلب شديد بفعل تيارات الحمل . ويمثل النيتروجين الجزيئى N_2 الجزء الأساسى ونسبته الحجمية ٧٨٫٠٨٪ ، ثم يليه الأكسجين الجزيئى O_2 ونسبته الحجمية ٢٠٫٩٥٪ ، أما الباقى فهو فى الغالب من الغازات الأرضية النفيسة مثل الأرجون ونسبته الحجمية ٠٫٩٣٪ وثانى أكسيد الكربون ونسبته الحجمية ٠٫٣٪ (ويلاحظ أن هذه المعلومات مأخوذة للهواء الجاف) . ونادرا ما يمكن الإستدلال على الهيدروجين . وبخار الماء موجود فى الطبقات السفلى من التروبوسفير بمتوسط نسبته الحجمية ١٪ ، وتقل هذه النسبة بشدة مع الإرتفاع ؛ ويكاد يكون الإستراتوسفير جاف تماما . ويتأرجح محتوى ثانى أكسيد الكربون بشدة . لأن هذا الغاز يتم إستهلاكه فى التمثيل الضوئى كما أنه ينتج من التنفس وعمليات الإحتراق . وقد أمكن الإستدلال على كل من الكالسيوم والألومنيوم فى طيف الليل . بعد إرتفاع حوالى ١٠٠ كم يبدأ تحلل جزيئات الأكسجين ، فبعد هذا الإرتفاع يوجد

عما يكون عليه في حالة السماء المسحبة والهواء الرطب .

تم دراسة الغلاف الجوى الأرضي أساسا خلال إطلاق البالونات والصواريخ وكذلك بواسطة الأقمار الصناعية . وقد تطورت طرق خاصة للدراسة الأيونوسفير (أنظر قبله) . ويمكن الحصول على بعض المعلومات عن تركيب الغلاف الجوى الأرضي من خلال ما يصدر عنه من إشعاعات كالتى تحدث من ضوء الليل أو الضوء البروجي . وعلى وجه الخصوص فإن معلوماتنا لا تزال قليلة عن تركيب الطبقات العليا . وحتى يمكن وضع مقاييس موحدة للحسابات الميتورولوجية فقد تم نظريا تحديد مسار الأبعاد المميزة مثل الكثافة ودرجة الحرارة . ويسمى الغلاف الافتراضي الذى تنطبق عليه هذه القيم بنموذج الغلاف الجوى الأرضي . ويلاحظ أن ما ذكر في هذه النبذة وما هو موجود في الشكل قد تم أخذه من مثل هذا النموذج . إلا أن تركيب الغلاف الجوى الأرضي يمكن أن يحد عن ذلك كثيرا ، وخصوصا بالنسبة للأيونوسفير والإكسوسفير ، حيث المعلومات غير مؤكدة . بالإضافة إلى ذلك لابد من الحذر في درجة حرارة هذه الطبقات ، لأنه نتيجة للمشوار الحر ، فإن درجة الحرارة العادية تفقد مدلولها . وما نقيسه من درجات حرارة في هذه الحالة هو درجات حرارة الحركة التى يمكن حسابها من السرعات المتوسطة-للجزيئات .

الغلاف الجوى النجمي

stellar atmosphere
atmosphère stellaire (sf)
Sternatmosphäre (sf)

هو الطبقة الخارجية الرقيقة في النجم ، والتي يشع منها ضوءه مباشرة في الفضاء . والطاقة التي يتم إشعاعها لا يتم إنتاجها في هذه الأماكن وإنما في داخل النجم ، الذى تعلو فيه كل من درجة الحرارة والكثافة إلى الحد الذى يسمح بسريران التفاعلات النووية بكميات كافية . يمثل الغلاف الجوى النجمي

المحطة الأخيرة التى تحدث فيها كثير من عمليات الإمتصاص وإعادة الإشعاع ، وهى العمليات التى تعمل على نقل الإشعاع إلى الخارج . وفي أغلفة النجوم يأخذ الإشعاع خصائصه التى نجدها في طيفه . بهذا فإننا نستطيع بطريقة عكسية الحصول على معلومات عن تركيب الغلاف الجوى النجمي الذى يشع هذا الطيف وذلك من تحليل طيف النجوم . ويتضح من تنوع طيف النجوم وجود تنوع أيضا في تركيب الغلاف النجمي . ويعتبر هدف نظرية أغلفة النجوم تحديد التكوين أى الظروف الطبيعية السائدة والتركيب الكيماوى لما يناظر كل طيف من غلاف نجمي . ولا يزال العلم بعيدا عن هذا الهدف ، رغم الجهود الكبيرة التى تبذل للوصول إلى ذلك . وهذا الهدف يبدو ممكنا نظرا لأننا نرى الغلاف الجوى النجمي مباشرة ، ونبنى على هذه المعلومات معرفتنا بتركيبه .

تركيب الغلاف النجمي : يحتل الغلاف النجمي جزءا صغيرا من النجم يمكن إهماله كتلته بجانب الكتلة الكلية للنجم . كذلك فإن إمتداد الغلاف الجوى النجمي صغير جدا إذا قورن بأقطار النجوم . فنلا يبلغ سمك غلاف الشمس ، أى سمك الكروموسفير والفوتوسفير مجتمعين حوالى ١٠٠٠ كم ، ولا يبلغ ذلك حتى واحد في المائة من نصف قطر الشمس . وفي حالة فوق العاقلة فقط يقارن سمك الغلاف النجمي بنصف قطر النجم .

و أغلفة النجوم عبارة عن طبقة غازية غير متجانسة البناء . تزداد فيها الأبعاد التى تميز الحالة الطبيعية من درجة حرارة أو كثافة وبالتالي الضغط ناحية داخل النجم ، ويقال في ذلك أنه يوجد طبقات من درجة الحرارة والضغط . تحدث الزيادة في الكثافة ببطء في الطبقات العليا . أما في الطبقات السفلى فتسير الزيادة بسرعة . ودرجتي الحرارة الفعالة التى تبلغ ٢٨٠٠ كلفن لنجم M5 وتبلغ ١٠٧٠٠ كلفن لنجم

تخرج في كل ثانية من كل 1 سم^2 حسب قانون إشعاع ستيفان - بولترمان . ويتم انتقال الطاقة خلال الغلاف الجوى النجمى غالبا بواسطة الإشعاع ، ويقال في ذلك أن الغلاف الجوى للنجم في حالة تعادل إشعاعى . وحيث أنه في الغلاف الجوى النجمى لا تخفى طاقة إشعاعية ولا تنشأ أخرى بسبب عدم وجود منابع للطاقة فإن ناتج التيار الإشعاعى يظل ثابتا . فإذا حدث أن أمتص جزء من الإشعاع في مكان ما ، فلا بد أن يتم إشعاع قدره تماما وإلا تم تسخين في هذه المنطقة وبالتالي تغيير في تركيبها . وعلى هذه الشروط لابد أن تتناسق درجات الحرارة والكثافة في الطبقات المختلفة ، لأن الطاقة التى تُمتص أو تُشع من أى منطقة تعتمد على كل من درجة الحرارة والكثافة السائدين فيها . من هنا فإنه يبدو واضحا مدى تأثير التركيب الكيماوى على تركيب النجم فعلى حسب التركيب الكيماوى تتحدد قدرة إمتصاص الغاز ومعها أيضا قوة التفاعل المشترك بين الإشعاع والمادة .

وللتلخيص يمكن القول بأنه لتركيب كيماوى ما فإن مجرى كل من درجة الحرارة والكثافة يكون بحيث يحمل الضغط الكلى ، الذى يتكون من ضغط الغاز وضغط الإشعاع ، وزن الطبقات التى تعلوه وبحيث يبقى تيار الإشعاع ثابتا . وعلى ذلك تنتج مجموعات من المعاللات مماثلة لما في نظرية التركيب الداخلى للنجوم ، التى تصف طبقات الضغط ودرجة الحرارة .

الغلاف الجوى النجمى وطيف النجوم :-

يمكن إعطاء فكرة عامة عن كيفية تأثير الغلاف الجوى النجمى على نوع الطيف النجمى . فطيف النجم يتكون عموما من طيف مستمر . وفوقه توجد خطوط إمتصاص . وتؤثر درجة الحرارة السائدة في الغلاف الجوى النجمى على شكل طيف الإستمرار ، فتزاح فيه قمة الطاقة الإشعاعية ناحية الموجات الأقصر كلما زادت سخونة الغلاف الجوى النجمى . ويعتمد

AO تمثلا قيمتين متوسطتين للطبقتين السفليتين من أغلفة هذه النجوم التى ينشأ فيها الجزء الأكبر من الضوء ذى الطيف المستمر . وتسمى أحيانا أسفل طبقات الغلاف الجوى النجمى مثل الشمس بالفوتوسفير . وهذه الطبقة بدورها صغيرة جدا إذا ما قارناها بسمك الغلاف الجوى النجمى ، ففي حالة الشمس على سبيل المثال يبلغ سمك الفوتوسفير بضع مئات الكيلومترات فقط . وهذه الطبقة الرقيقة هى التى نعنيها عندما نتحدث عن سطح النجم . ولا يجب أن نتغافل عدم وجود فاصل حاد وواضح بين الغلاف الجوى وبقية أجزاء النجم - كما هو الحال في الأرض والكواكب الأخرى - ؛ فكلما الجزئين على شكل غازى ويتداخلان في بعضهما .

تختلف طبقات كل من درجة الحرارة والضغط في داخل الغلاف الجوى النجمى من نوع نجمى إلى آخر . وتعتمد هذه الطبقات على تأثير كل من داخل النجوم والتركيب الكيماوى . وتأثير داخل النجوم ، الذى يوجد فيه غالبية كتلة النجم ، والذى تنتج فيه الطاقة التى يشعها النجم ، يعتمد بدوره من ناحية على جذب الكتلة (الجاذبية) ومن ناحية أخرى على تيار الطاقة الدائم الذى يسرى من داخل النجم إلى خارجه .

تحاول قوى الجذب ضغط غازات الغلاف الجوى النجمى على بعضها . ويمكن تمييز شدة قوة الجذب هذه عن طريق عجلة الثقائل g_0 على سطح النجم . تزداد عجلة الثقائل بزيادة كتلة النجم إلا أنها أيضا تقل بسرعة مع زيادة نصف قطره (← الجاذبية) . من هنا فإن للعلاقة من النجوم ، ذات الغلاف الجوى الواسع الإمتداد ، كثافة قليلة ، بينما للنجوم الأقزام غلاف جوى أكثر كثافة وأقل إمتدادا . وهناك تأثير آخر على الغلاف الجوى للنجم يأتى كما ذكرنا سابقا من الطاقة المنسابة خلال النجم . ويمكن عن طريق درجة الحرارة الفعالة تمييز كمية الطاقة التى

وأوضح تأثير هو ما تسببه ← ظاهرة دويلر الحرارية .
فإشعاع مركز الخط تمتصه جسيمات الغلاف الجوى ،
التي ليس لها أية سرعات خطية . ولما كانت الجسيمات
تقوم بحركات حرارية غير منتظمة فإنها تمتص الضوء
جزئيا فى موجات أقل أو أكثر قليلا من منتصف الخط
الطيفى . وتكون النتيجة زيادة فى عرض الخط الطيفى
تعلو قيمتها كلما إرتفعت درجة الحرارة . لأنه بذلك
تزداد أيضا سرعة الجسيمات التي تمتص الإشعاع ، ولما
كان عدد الاصطدامات يزداد بزيادة الكثافة فإننا
نتوقع وجود خطوط أعرض فى الغلاف الجوى
الأكثف والأسخن من الخطوط التي تنتج فى الغلاف
الجوى الأبرد والأقل كثافة . أيضا فإنه نتيجة لدوران
نجم ما يزداد عرض الخطوط الطيفية وذلك لحدوث
إزاحة بنفسجية عند جانب النجم الذي يقترب منا ،
بينما تحدث إزاحة حمراء عند الجانب المتبعد عنا
حسب ظاهرة دويلر . وكلا الازاحتين تتجمعان معا
فى خط طيفى عريض .

وليست الظروف ، على أية حال ، بهذه البساطة
التي وصفناها . فالضوء الذي تم إشعاعه من الغلاف
الجوى النجمى ينتج من طبقات مختلفة العمق . ولما
كانت هناك طبقات مختلفة من كل من درجة الحرارة
والضغط ، فإن هذا الإشعاع ينشأ فى ظروف فيزيائية
عديدة . ينطبق هذا على وجه الخصوص بالنسبة
للإشعاع ذى الموجات المختلفة . ويتحدد العمق الذي
ينشأ فيه إشعاع الموجات المختلفة حسب كفاءة
إمتصاص الغازات . وهذه الكفاءة تتغير بدورها
حسب طول الموجه . فالضوء ذو الموجه التي يكون
معامل إمتصاصها صغيرا يمكن أن يصل إلى الخارج
من طبقات أعماق ، لأن قليل جدا منه فقط يتم
إمتصاصه فى الطبقات العليا . وما ينتج فى الطبقات
العظيمة من إشعاع فى موجات معامل إمتصاص
غازات الطبقات العليا لها كبير ، يُمتص فى هذه
الطبقات من الغلاف الجوى . أما ما نراه من ضوء فى

وجود خط الإمتصاص وشده على كمية العنصر الذي
ينتج . وبجانب ذلك فإن شدة خط إمتصاص ما
تحدد حسب الظروف الفيزيائية السائدة ، والتي
توجد فيها المادة ، المسببة لإمتصاص الخط الطيفى .
فعلى سبيل المثال يحدث إمتصاص لخطوط بالمر ،
وهي الخطوط الوحيدة للهيدروجين الموجودة فى
النطاق البصرى من الطيف ، عندما يوجد عدد كافى
من ذرات الهيدروجين فى الغلاف الجوى النجمى ،
على أن تكون هذه الذرات متعادلة وفى مستوى
الاثارة الأول (تسبب ذرات الهيدروجين المتعادلة
الموجودة فى مستوى التخمود فى إمتصاص خطوط ليمان
فى النطاق فوق البنفسجى فقط ؛ أما الهيدروجين
التأين فلا يتسبب فى ظهور أى خط إمتصاص) .
أى أنه بجانب التركيب الكيماوى فإن درجة الاثارة
والتأين يحددان ما يظهر من خطوط طيفية وكذلك
شدتها . وكلا الدرجتين تزدادان مع درجة الحرارة .
وتعتمد درجة التأين بالإضافة إلى ذلك على الكثافة
(وبالتالى الضغط) فى الغلاف الجوى النجمى . فكلما
إنخفضت الكثافة تنخفض كذلك كثافة
الإليكترونات ، حيث ينتج عن ذلك عدد قليل من
الإليكترونات الحرة لا تكفى لإعادة الإتحاد وبذا تزداد
درجة التأين (← التأين) . بهذا يتضح
الإختلافات فى الطيف الخطى بين العملاقة والأقزام من
النجوم ذات درجة الحرارة المتساوية (← النوع
الطيفى ، شكل هرتز سبرنج - رسل) . ففى جو نجم
عملاق نجد الكثافة أقل مما هى عليه فى نجم قزم ،
ولهذا فإن درجة التأين أكبر فى الأول ، عند تساوى
درجة الحرارة فى الإثنين . ونختار هنا شكل خط
الإمتصاص أيضا ، أى كتور الخط ، يعتمد على
الظروف الفيزيائية السائدة فى الغلاف النجمى .
وخطوط الإمتصاص ليست حادة جدا وإنما يغطى
كل منها منطقة من الموجات فى ← الطيف . وهذا
الإستعراض الخطى له أسباب مختلفة ، أو عوامل
مختلفة تعمل على زيادة عرض الخطوط الطيفية .

الموجى ولكن فى جميع الإتجاهات . أى أن جزء من الضوء فقط يتجه ناحية الخارج ، أما الباقي فيدخل ثانية إلى الغلاف الجوى النجمى . وعلى التقبض من ذلك فإن الطاقة التى يتم إمتصاصها فى الإمتصاص التام تتوزع عن طريق الإصطدام على جسيمات أخرى ثم يتم إشعاعها بعد ذلك فى الطيف المستمر وفى جميع الإتجاهات . وفى كلا الحالتين تنشأ خطوط إمتصاص لأن الإشعاع المتجهة إلى الخارج ينقصه ضوء هذه الخطوط . وعلى الرغم من ذلك فإن خواص الخطوط متباينة جدا :

إن تحليل طيف النجوم معقد أساسا لأن الأغلفة الجوية للنجوم لا توجد فى حالة تعادل حرارى . يتضح ذلك من توزيع الطاقة فى الطيف ومن ظهور خطوط الإمتصاص فى طيف النجوم . يبعث الجسم الموجود فى حالة إتزان حرارى بطيف تام الإستمرار ، يناظر فيه توزيع الطاقة ما تعطيه قوانين بلانك للإشعاع . وتلك هى الحالة التى نجدها بالتقريب فى طيف النجوم عند الموجات الطوال . وبصورة خاصة فإن الحيود عن هذا القانون الإشعاعى كبير فى نطاق الموجات المتناهية فى القصر ، التى لا يمكننا رؤيتها من الأرض وذلك بسبب عدم نفاذية غلافها الجوى لمثل هذه الموجات القصيرة ؛ ويمكن فقط عن طريق الصواريخ والأقمار الصناعية تصوير هذا الجزء من الطيف . مثل هذه الموجات القصيرة تنشأ فى الغالب من الطبقات العليا فى الغلاف الجوى النجمى ، أى أن الاختلاف عن حالة التعادل الحرارى هنا أكبر عما هو عليه فى الطبقات الأكثر عمقا . ويتضح هذا الاختلاف أيضا من عدم إمكانية إعطاء ← درجة حرارة موحدة مثلا هو الحال عند وجود تعادل حرارى . ودرجة الحرارة الفعالة التى يتم حسابها من الإشعاع النجمى لا تتفق ، على سبيل المثال ، مع درجة الحرارة التى تنتج من السرعات المتوسطة للجسيمات . كما أن هناك قبا أخرى لكل من درجتى

هذه الموجات فقد نشأ فقط فى طبقات الغلاف الجوى العليا الأكثر برودة . ويصوره مختصرة فإننا نعب عن هذه الحقيقة كالتالى : فى نطاق طينى ما ، يكون فيه معامل الإمتصاص صغير ، يمكننا أن نطل فى طبقات أعماق وأسفن من الغلاف الجوى النجمى عما نستطيع رؤيته فى نطاق طينى معامل إمتصاصه كبير . يتحدد معامل الإمتصاص من غاز الغلاف الجوى النجمى من التركيب الكيماوى . ويمكن حساب هذا المعامل من ثوابت الفيزياء الذرية ، التى لا تزال غير معروفة أو معروفة بدقة غير كافية . وغالبا ما يتم تقسيم هذا المعامل إلى معامل إمتصاص مستمر ومعامل إمتصاص خطى . فالمعامل المستمر يصف كفاءة إمتصاص الغاز بالنسبة للطيف المستمر . ويتغير بدرجة قليلة مع طول الموجة بصرف النظر عن القفزات عند حدود بعض الخطوط والإنتقالات من مستويات الطاقة المقيدة إلى المستويات الحرة أو من المستويات الحرة إلى المستويات الحرة (← الطيف ، ← تركيب الذرة) من المعادن والهيدروجين والهليوم وأيون الهيدروجين السالب ، تضيف إلى الإمتصاص المستمر . وفى الغلاف الجوى لفوق المعالقة الساخنة يدخل فى ذلك أيضا جزء ينتج من التشتت على الإليكترونات الطليقة . أما معامل الإمتصاص الخطى فيصف كفاءة إمتصاص الغاز للضوء من النطاقات الطيفية للخط الطينى . وهذا المعامل يبلغ أكبر قيمة له فى وسط الخط الطينى وتقل هذه القيمة بشدة فى أجنحة الخط . أما ما يزال يشاهد من بقايا ضوء فى وسط الخط الطينى فإنه ينشأ لذلك من طبقات أكثر إرتفاعا عن مناطق ما يحاورها من طيف مستمر . وتنتج الإمتصاصات الخطية عند إنتقال إليكترون من مستوى طاقة مقيد إلى مستوى مقيد آخر فى الذرة (← تركيب الذرة ، ← الطيف) . وتبعاً لإعادة إشعاع الطاقة التى سبق إمتصاصها فإننا نميز بين حالتين : فى التشتت التام يُمتص الضوء من الأشعة المتجهة إلى الخارج ثم يتم إشعاعه ثانية فى نفس الطول

حرارة التأين والإثارة اللتان تنتجان من كل من درجتى التأين والاثارة ، الممكن إستنتاجها من خطوط الطيف . وفى هذا الشأن لم تتفق ولو لمرة واحدة درجات الحرارة التى تم تعيينها من عناصر كىماوية مختلفة .

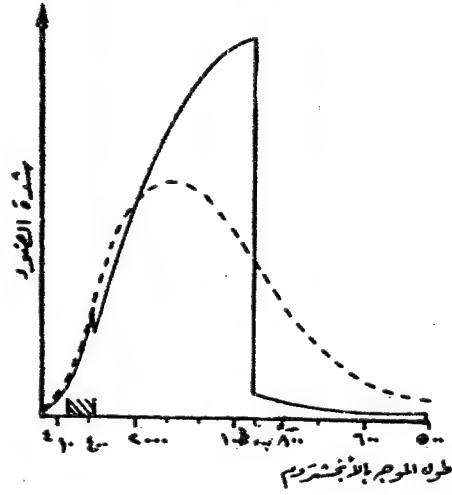
مما يؤثر أيضا على الطيف وخصوصا على كتورتات خطوط الإمتصاص وجود اضطرابات فى الغلاف النجمى . ويوضح ضرورة أخذ ذلك فى الاعتبار ما نراه من تحجب فوتوسفير الشمس . وعند وجود تيارات حمل فإن إنتقال الطاقة لا يتم كله بالإشعاع . فى هذه الحالة يوجد فى نفس الطبقة مادة ساخنة صاعدة ومادة باردة هابطة بجانب بعضها .

حساب التركيب :- إن ما ذكر من صعوبات مايزال فى غير نطاق سيطرتنا . وبصرف النظر عن ذلك توجد صعوبات أخرى ، إذا أردنا ، كما تهدف نظرية الغلاف الجوى النجمى ، حساب البناء الفيزيائى والتركيب الكىماوى للعناصر الكىماوية من أرصاد الطيف النجمى . ولا يمكن حساب أى من العاملين المذكورين بدون الإعتماد على الآخر مثلا يتضح مما ذكر عن تركيب الغلاف النجمى . ويمكن حساب الحالات الفيزيائية ، أى مسار كل من درجة الحرارة والكثافة وذلك عندما نعرف التركيب الكىماوى ، لأن هذا يحدد التفاعل المشترك بين المادة والإشعاع . ومن ناحية أخرى فإنه يمكن فقط إستخراج التركيب الكىماوى من شدة الخطوط الطيفية ، إذا علمنا الظروف الطبيعية الموجودة فيها المادة التى تسبب فى الخطوط الطيفية . أى أنه ليس من الممكن إعطاء حل تام لهذه المشكلة . من هنا لابد لنا من الرجوع إلى الطرق التقريبية والمملة فى نفس الوقت . وكقتريب أولى يجرى تحليل مبدئى . ولهذا الغرض يفترض أن الغلاف النجمى متجانس التركيب فى جميع مواضعه وتسود فيه نفس درجة الحرارة والضغط فى كل مكان . ويتم إستخراج القيم المتوسطة المناسبة لكل من الضغط ودرجة الحرارة بواسطة

الطيف النجمى . بعد ذلك يمكن إستنتاج التركيب الكىماوى من شدة الخطوط الطيفية . وقد إتضح أن القيم التى نحصل عليها بهذه الطريقة تمثل قبا تقارب من الحقيقة جيدا . ومن هنا فإننا نقتصر فى كثير من الدراسات على التحليلات الأولية فقط . أما إذا كنا فى حاجة إلى دقة أكبر ، فإن ذلك يستدعى إجراء تحليل دقيق . ولهذا الغرض فإن نتائج التحليل المبدئى تشمل الأساس للتركيب الكىماوى فى الغلاف الجوى النجمى وكذلك قيمة تقريبية لعجلة التناقل ، وعلى ذلك يمكننا حساب مجرى كل من درجة الحرارة والكثافة . بعد ذلك تظل التحسينات تجرى على القيم الناتجة إلى أن نحصل على ثبات فى تيار الطاقة الكلى ، أى التيار الإشعاعى مضافا إليه الطاقة التى تنتقل عن طريق تيارات الحمل إلى الخارج . وإذا ما حسبنا شدة وكتورتات الخطوط الطيفية التى تنتج من نماذج الأغلفة النجمية هذه ، فإننا نجد إختلافات عن الطيف الموجود . وعن طريق تغيير قيم كل من التركيب الكىماوى ودرجة الحرارة وعجلة التناقل فإنه لابد أن تقل الإختلافات بالتدريج . وبقدر زيادة أهمية هذه التحليلات الدقيقة يزداد المجهود فى آدائها بحيث نضطر إلى الإكتفاء بتطبيق الطريقة فقط على بضع أغلفة نجمية .

يتضح من التحليلات التى أجريت حتى الآن على أطيف النجوم ، أن التركيب الكىماوى لنجوم نفس الجمهرة متشابه جدا ، إلا أنه توجد إختلافات كبيرة بين نجوم الجمهرات المختلفة (← شيوخ العناصر) . ومن حساب تركيب أغلفة النجوم تتضح إمكانية تحديد الإشعاع فى المناطق الطيفية المختلفة التى لا تصلها الأرصاد بسبب درجة النفاذية المحدودة للغلاف الجوى الأرضى . وترى نتائج مثل هذه الحسابات ممثلة فى الشكل . ومن الشكل يتضح درجة عظم الإختلاف عن المنحنى المتصل لقانون بلانك الإشعاعى وخصوصا فى المنطقة فوق البنفسجية ، أى المنطقة من الطيف التى تلى النطاق

مناسبة ومشابهة لذلك فقط فى حالة ← المتغيرات الكسوفية . وجو الشمس به تغيرات غير مريحة بالنسبة لصورة تركيب أغلفة النجوم : حيث توجد تيارات حمل ، أى تسخين فوق عادى فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى وإضرابات قصيرة العمر مثل الانفجارات الخ . وهذه الإضطرابات ممكنة الحدوث أساسا فى حالة النجوم الباردة نسبيا وذات النوع الطبقي المتأخر ، التى لم تدرس حتى الآن بسبب صعوبات كبيرة .



توزيع شدة الإضاءة كما حسبنا ترانج نموذج غلاف نجم BOV درجة حرارته الفعاله ٣٢٨٠٠ ك. ويوضح المنحنى المشروط (...) مسار شدة الإضاءة لنفس درجة الحرارة حسب قانون بلانك . والمنطقة المظلمة تدل على النطاق البصرى .

الغلاف الجوى النجمى فى حالة نجوم خطوط الانبعاث :- على حسب الخصائص الكثيرة فى الطيف ، لابد أيضا من وجود خصائص كثيرة ، فى تركيب الأغلفة الجوية للنجوم ، لم تتضمنها حتى الآن النماذج التى شرحت سابقا . وبالنظر إلى الكثير من الصعوبات التى تواجهنا فى دراسة النجوم العادية نجد أنه ليس من العجيب فى شئ أننا لا نعرف الكثير حتى اليوم عن النجوم غير العادية . وعموما فإننا نكون سعداء إذا وجدنا تعليلا كيفيا لطريقة حدوث الاختلافات . ومن الخصائص الكثيرة نتحدث فقط وباختصار عن النجوم ذات خطوط الانبعاث اللامعة فى طيفها . ومن هذه تنتمي النجوم الساخنة ذات النوع الطبقي المتقدم وهى الأسهل فى معالجتها . فى هذه النجوم الساخنة ذات الخطوط الانبعاثية يمكن التمييز بين ثلاثة مجموعات : وولف - رايت ، والمتغيرات الشبيهة بالنوفا (النجوم الجديدة) ، والتى تسمى أحيانا نجوم P - الدجاجة ونجوم B_e . ولهذه النجوم غلاف جوى عظيم الإمتداد وغير مستقر بل يتجدد باستمرار . أى أن الغلاف الجوى يتكون من تيار مادم له كثافة منخفضة يسرى من النجم إلى فراغ ما بين النجوم . وتقدر سرعة المادة الخارجة من النجم فى حالة نجوم وولف - رايت بحوالى ١٠٠٠ كم/ث ، وفى حالة نجوم P - الدجاجة (سيجنى) حوالى ١٠٠ كم/ث . والظروف الفيزيائية فى هذه الأغلفة النجمية تشابه ما عليها فى حالة السدم

البصرى . ومن الخصائص المميزة ظهور قفزات عند حدود سلاسل الخطوط ، على سبيل المثال عند حدود سلسلة بالمر بجوار الطول الموجى ٣٦٥٠ أنجستروم وعند حدود سلسلة ليمان بجوار الطول الموجى ٩١٢ أنجستروم .

إن حساب الغلاف الجوى للشمس أكثر بساطة إذ نستطيع دراسة الإشعاع الصادر من كل جزء من أجزاء قرص الشمس على حده ، بينما نشاهد فقط إشعاعا متوسطا للنجوم الأخرى النقطية الشكل . ونلاحظ على قرص الشمس وجود إنخفاض فى اللامعان ناحية الحافة ، عتامة الحافة . وليس هذا إلا نتيجة لطبقية درجة الحرارة فى الفوتوسفير (الشمس) . من هنا فإنه من الممكن حساب طبقات درجة الحرارة ، أى تركيب الفوتوسفير ، من أرصاد عتامة الحافة . بهذه الطريقة فإننا نكون فى حل من التداخل بين البناء الطبيعى من جهة وبين التركيب الكيماوى من جهة أخرى ، كما تكون فى وضع أكثر مناسبة للدراسة والتحليل . وهناك ظروف طبيعية

ف

فائض اللون

color excess

excès de couleur (sm)

Farbexzess (sm)

هو مقياس لتلوين نجم ما ، ← المعامل اللوني .

الفارس الصغير

alcor

Alcor

Alcor, Reiterlein (sm)

هو نجم السهي في كوكبة ← الدب الأكبر .

فاصل إنكي

Enke's dirission

division d'Enke (sf)

Enkesche Teilung (sf)

فراغ بين حلقات ← زحل .

فاصل كاسيني

Cassini's division

division de Cassini (sf)

Cassinische Teilung (sf)

فراغ بين حلقات ← زحل .

الفتيل

Filament

filament (sm)

Filament (sn)

رمز للأشكال الطبيعية الممتدة يستعمل كثيرا في الفلك وعلى وجه الخصوص لوصف :

(١) شكل السدم المضيئة من مادة ما بين النجوم .

(٢) ← الزغب الشمسي (عندما يشاهد على صور الكروموسفير كخطوط قائمة .

الكوكبية ، التي لها أيضا طيف انبعاث خطي . تنشأ خطوط الانبعاث من امتصاص الاشعاع فوق البنفسجي المنبعث من النجم في الغلاف الجوي ، ثم يستهلك هذا الإشعاع للإثارة أو التأين وبعد ذلك يعاد إشعاعه تحت ظروف خاصة على مراحل متتابعة . في أثناء ذلك تنشأ سلسلة من خطوط الانبعاث ، التي يمكننا مشاهدتها في الطيف . تسمى هذه العملية بالترهر . ويمكن إرجاع كثير من الاختلافات في أطراف المجموعات الثلاثة من نجوم خطوط الانبعاث إلى الكثافات المختلفة في الأغلفة الجوية . ففي كل من نجوم وولف - رايت ونجوم P - سيجنى نجد أن التيار المادي كثيف لدرجة أن كل الطيف ، أي خطوط الانبعاث والطيف المستمر تنشأ ، في هذا التيار المادي . أما التيار المادي في حالة نجوم Be فكثافة أقل بكثير . ويمكن تخيل الأجزاء الخارجية من هذه النجوم مكونة من غلاف جوي عادي ينشأ فيه كل من الطيف المستمر وطيف الامتصاص الخطي . وفوق هذا الغلاف هالة رقيقة ضوئيا تنشأ فيها خطوط الانبعاث خلال عملية الترهر .

الغول

Algol (A)

هو النجم بيتا في كوكبة فرساوس (برشاوش) . والغول هو نجم غمطي لمجموعة من ← المتغيرات الكسوفية ، التي تعرف بإسم نجوم الغول . وهذا النجم عبارة عن عدة نجوم . ويأتي التغير الضوئي نتيجة إخفاء متبادل لنجمين نوع أحدهما الطيفي B8 ونوع الآخر K ، وكلا النجمين يتيمان إلى نوع القوة الإشعاعية V . وللنجمين فترة دوران طولها ٢٨٦٧ يوما . ويدور حول هذين النجمين نجم ثالث F2 مرة كل ١٨٧٣ سنة . ومن المحتمل أيضا أن يضم هذا النظام نجما رابعا . يبلغ اللمعان الظاهري الكلي للغول في نهايته العظمى القدر ٢.٢ . ويبعد نجم الغول عنا بحوالي ٣١ بارسك أي ١٠٠ سنة ضوئية .

الفجوات الخالية من النجوم

star free zones

régions d'absence (pf)

Sternlücke (pf)

هي مناطق داخل سكة التبانة تتميز بوجود عدد قليل من النجوم في وحدة المساحة على الكرة السماوية ؛ وينتج هذا الغويز في الغالب بفعل السحب القائمة من مادة ما بين النجوم القريبة ، التي تمتص الضوء بدرجة لا تمكننا من تمييز ما ورائها من نجوم .

فجوة هرتز سبرنج

hertzprung gap

lacune de Hertzsprung (sf)

Hertzsprung Lücke (sf)

هي منطقة في ← شكل هرتز سبرنج - رسل يقل فيها عدد النجوم بصورة واضحة .

فخذ الدب

Phecda (A)

هو النجم α في كوكبة ← الدب الأكبر .

فراونهوفر

Fraunhofer

هو الفلكي الفيزيائي الألماني يوسف فون فراونهوفر المولود بتاريخ ٦ مارس ١٣٨٧ في ستراوينج والمتوفي بتاريخ ٧ يونيو ١٨٢٦ في ميونيخ ، منذ ١٨٢٣ أستاذًا في ميونيخ . وقد عمل فراونهوفر أساسًا في مجال الضوء وحدد طول الموجه الضوئية بواسطة المحزوزات المفرقة وقام ببعض التحاليل الطيفية . وبالنسبة للفلك فإن تحسينات فراونهوفر للمنظار ذات أهمية وكذلك دراساته عن خطوط الإمتصاص في طيف الشمس (خطوط فراونهوفر) .

فرساوس أو حامل رأس الغول

Perseus, Per (L)

هو إحدى كوكبات نصف الكرة الشمالي التي تشاهد عالية في السماء في خطوط عرضنا في ليالي الشتاء . والنجم θ فرساوس ، الذي يسمى بالغول بعد أنموذجًا غطيا لمجموعة من المتغيرات ، نجوم

الغول . وتمرسكة التبانة خلال كوكبة فرساوس . وفي هذه الكوكبة يوجد كل من الحشدين النجمين h (هى) ، x (شى) اللتان نشاهدهما أيضا بالعين المجردة (اللوحة ١٢) . كما يمكن رؤية الحشد M34 بنظارة ميدان .

الفرساوسيات

persids

persids (pm)

Persiden (pm)

← تيار شهبي .

الفرس الأصغر أو قطعة الفرس

Equuleus, Equ (L)

Colt

petit cheval

kleines Pferd (sn)

كوكبة صغيرة في منطقة خط الإستواء السماوي نشاهدها في ليالي الخريف .

الفرس الأعظم

Pegaseus, Peg (L)

Wingedhorse

pégase (sm)

Pegaseus

كوكبة واسعة إلى الشمال من خط الإستواء نراها في ليالي الخريف .

الفرض

Alphard (A)

ألمع نجم (α) في كوكبة الشجاع . ولهذا النجم لمعان بصرى من القدر ١ و ٢ وينتمي إلى نوع القوة الإشعاعية III والنوع الطيفي K4 وتبلغ المسافة بيننا وبين هذا النجم ٣٥ بارسك أى ١١٥ سنة ضوئية .

فرض التجانس

homogeneity postulate

postulat d'Homogénéité (sm)

Homogenitäts postulat (sn)

← الكسمولوجي

القرن

oven
fornaux (sm)
Ofen (sm)

كوكبة ← الكور .

القرن الكبارى

Fornax, For (L)
chemical oven
fornaux chimique (sm)
chemischer Ofen (sm)

إحدى كوكبات نصف الكرة الجنوبي التي
نشاهاها فوق الأفق في ليالى الشتاء .

فصول السنة

seasons
saisons (pf)
Jahreszeiten (pf)

هى الفترات الزمنية بين وقت إعتدال ربيعى أو
خريفى وبين كل من الانقلاب الصيفى أو الشتوى
وتختلف فترة فصول السنة المختلفة مع الزمن بعض
الشيء وذلك بسبب السبق ودوران خط الأوج
والحضيض ، اللذان يؤديان إلى إزاحة نقطتى
الإعتدال بالنسبة لنقطتى الانقلاب . وفى الوقت
الحاضر نجد أن الربيع الفلكى (من الإعتدال الربيعى
حتى الانقلاب الصيفى أى من حوالى ٢١ مارس حتى
٢ يونيو) يشمل ٩٠ يوما و ١٩ ساعة . والصيف
الفلكى (من الانقلاب الصيفى حتى الإعتدال الخريفى

فرع العمالة

giant branch
branche du géant (sf)
Riesenast (sm)

منطقة فى ← شكل هرتز سبرنج - رسل توجد
بها النجوم العمالة .

الفرغانى

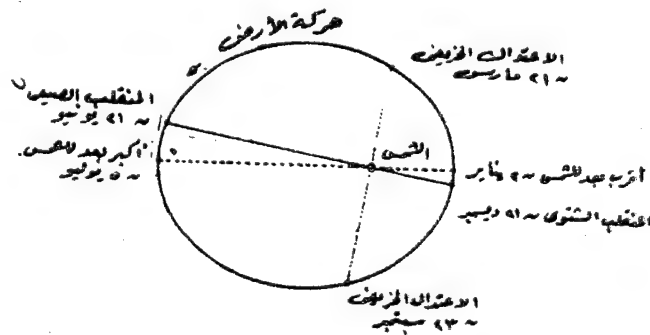
Alfraganus (A)

هو محمد بن قطير الفرغانى الذى عاش حوالى عام
٨٤٠ وسمى بإسم بلدته فرغانه (بوسط آسيا) . وهو
مؤلف «مبادئ علم الفلك والتوقيت» الذى إتبع فيه
بطليموس وفاقه فى دقة ما إستعمله من قياسات
مدرسة المأمون . كما أضاف الفرغانى إلى هذا الكتاب
بعض التخيلات الفلكية . وقد ترجم الكتاب المذكور
إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر فساهم فى نهضة العلم
فى أوروبا ، وإستقى منه دانتي معظم معلوماته
الفلكية . وتقديرا للفرغانى تم إطلاق إسمه على إحدى
مناطق الجانب الآخر من سطح القمر .

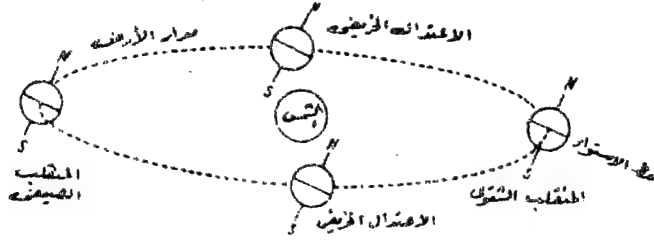
الفرقة الكبرى

big - bang
big - bang
big Bang, Urknall (sm)

← الكسمولوجى



١ وضع خطى الأوج والحضيض لمدار الأرض حول الشمس وكذلك خط الإعتدالين (—) بالنسبة لبعضها . وتعطى
التواريخ الزمن التقريبى الذى تتواجد فيه الشمس فى المكان المحدد .



٢ وضع محور دوران وخط استواء الأرض بالنسبة لمستوى مدار الأرض عند بداية الفصول المختلفة .

والصيف تسقط أشعة الشمس بميل أكبر على نصف الكرة الأرضية الجنوبي - فإن إختلاف فترة الاشعاع الشمسي اليومي في فصول السنة المختلفة يتسبب أيضا في إختلافات طقسية .

الفضاء

space

espace (sm)

Weltraum (sm)

(١) تماما مثل ← الكون ؛ (٢) ما فوق

الغلاف الجوى الأرضى .

فضائى

astro

astre

stern

موجود في الفضاء الخارجى أو منسوب إليه .

الفلطحة

oblateness, flattening

aplatissement (sm)

Abplattung (sf)

هى إختلاف شكل الجرم السماوى عن الشكل الكروى . ويعبر عن الفلطة بالفرق بين أنصاف الأقطار الإستوائية والقطبية مقسوما على نصف القطر الاستوائى . وعن فلطة الكواكب ؛ ← كوكب .

فلك الأشعة تحت الحمراء

infrared astronomy

inforange astronomie (sf)

Infrarotastronomie (sf)

مجال جديد من مجالات الفلك يهتم بالبحث فيما ينبعث من الأجسام السماوية من إشعاع في المنطقة تحت الحمراء من الطيف ، أى في المنطقة من ٨٠٠٠

أى من ٢١ يونية حتى ٢٣ سبتمبر) يمتد بطول ٩٣ يوما ، ١٥ ساعة . والحريف الفلكي (من الاعتدال الخريفي حتى الانقلاب الشتوى ، أى من ٢٣ سبتمبر حتى ٢١ ديسمبر) يستمر ٨٩ يوما ، ٢٠ ساعة . والشتاء الفلكي (من الانقلاب الشتوى حتى الاعتدال الربيعي ، أى من ٢١ ديسمبر حتى ٢١ مارس) يستغرق ٨٩ يوما فقط . ويتبع الإختلاف الفلكي في أطوال فصول السنة من الحركة غير المنتظمة للأرض في مدارها حول الشمس ؛ ففي أثناء قربها من الشمس تدور الأرض بسرعة أكبر عنها في أبعد مكان لها عن الشمس . كذلك فإن عدم إنطباق القطر الأكبر لمدار الأرض مع الخط الواصل بين الانقلابين ، يسبب إختلافات في متوسط سرعة الأرض في مدارها على مر السنين (يمكن أن يختلف تاريخ بداية السنة الفلكية بيوم واحد : فالسنة التقويمية طولها ٣٦٥ يوما بينما طولها في السنين الكبيسة ٣٦٦ يوما هذا في الوقت الذى لا يعتمد فيه مرور الشمس بنقطة الربيع ، مثلا ، على تقويمنا) .

وتأتى الإختلافات الطقسية في الفصول المختلفة إلى أن مستوى الإستواء الأرضى ذى الوضع الثابت في الكون يميل على مستوى مدار الأرض حول الشمس بحوالى ٢٣.٥ . ففي أثناء الربيع والصيف الفلكيين تواجه الشمس نصف الكرة الأرضية الشمالى ، بينما في أثناء الخريف والشتاء يكون نصف الكرة الأرضية الجنوبي في هذا الوضع . وبالإضافة إلى ميل الأشعة الساقطة من الشمس - في الربيع

إلى ٨٠٠ درجة مطلقة وقد حددت درجة حرارة منبع في كوكبة الجبار تبعا لتوزيع شدة الطيف فيه فوجدت ١٥٠ درجة مطلقة . ولكن نظرا لإنتشاع هذا الجسم جدا فإن ما ينتج من طاقة تبلغ مئات الآلاف مثل قوة إشعاع الشمس . وأكثر الإحتمالات تدل على أن هذه الأجسام عبارة عن سحب بين نجمية كبيرة بها عدد كبير من النجوم الأولية تعمل على تسخينها . أما المنبع NML الدجاجة فيشاهد فيه ما يمكن أن يكون نجما واحدا في طور النشوء .

فلك أشعة جاما

gama astronomy
gama astronomie (sf)
Gamaastronomie

هو — فلك رونتجن .

فلك البالونات

balloon astronomy
balloon astronomie (sf)
Ballon astronomie (sf)

أحد فروع الفلك العملية ؛ ويهتم فلك البالونات بإجراء الأرصاد الفلكية باستخدام البالونات العالية . فترفع الأجهزة إلى بعد حوالى من ٣٠ إلى ٤٥ كم أى فوق ٩٩ إلى ٩٩.٩٪ من الغلاف الجوى الأرضى على التوالى . وفى هذه الحالة لا تتأثر الأرصاد بالتألق . وبالإضافة إلى ذلك فإن الإستبعاد فى جو الأرض يصبح قليلا جدا . وهناك ميزة أساسية لهذه الأرصاد وهى أن الحيز الطيفى الممكن رصده يزداد فيصل للموجات فوق البنفسجية ذات الموجات الأقل ٢٠٠٠ أنجستروم وكذلك للموجات الأطول من تحت الأحمر . وحتى الآن إهتمت أرصاد فلك البالونات بأرصاد الشمس والكواكب ولأنه قد تم أيضا إجراء فحوص لطيف بعض النجوم .

الفلك الراديو

radioastronomy
radioastronomie (sf)
Radioastronomie (sf)

هو أحد مجالات علم الفلك ، ويهتم بدراسة ما يصلنا من الكون من — أشعة راديوية ، تصل إلى

إلى ٢٥٠٠٠٠ أنجستروم (٠.٨ إلى ٢٥ ميكرون) . وتنشأ صعوبات الرصد من ندرة وجود المستقبلات الحساسة فى هذا النطاق . وعموما تستخدم خلايا كبريتات الرصاص ، لأن الألواح الفوتوغرافية ذات حساسية فقط بدرجة كافية حتى ٩٠٠٠ أنجستروم . كذلك تستخدم أنصاف الموصلات الكهربية التى تحول الشعاع الملتقط إلى إشارات كهربية مباشرة . وهناك صعوبة أخرى تتمثل فى جو الأرض الذى ينقذ فى نطاق تحت الأحمر بطريقة جزئية فقط ، ويلعب فيها إمتصاص بخار الماء وثنائى أكسيد الكربون دورا كبيرا . ويمكن التغلب على هذا المانع بتأثير محطات أرصاد فوق الجبال العالية ذات الطقس الجاف أو إطلاق أجهزة مع البالونات إلى إرتفاع من ٣٠ إلى ٤٠ كم فوق سطح الأرض .

وتعتبر كنجوم تحت حمراء أو منابع تحت حمراء تلك الأجسام التى تكتشف بواسطة جهاز حساس فى المنطقة تحت الحمراء من الطيف التى تحتوى أكثر من ٩٠٪ من إشعاعها فى النطاق تحت الأحمر . وهذه المنابع تضم مجموعة مختلفة من النجوم . فهى مثلا تشمل نجوما من الطرف الأسفل للتابع الرئيسى أى نجوما باردة جدا ، وكذلك نجوما مازالت فى مرحلة الإنكماش ولم تصل التابع الرئيسى بعد وأيضا نجوم الأعرجية أثناء حضبيها الضوئى . وقد يكون نجم تحت أحمر من النجوم العادية جدا ولكنه تأثر فقط بالإمتصاص الكبير فى مادة ما بين النجوم أو عانى من الإحمرار بفعل المادة الترابية الموجودة حوله . وكنابع تحت حمراء تعتبر نوى سلسلة من المجموعات النجمية الخارجية وأشباه النجوم من الراديويات . وكما توجد فى مركز الطريق اللبنى مثل هذه المنابع تحت الحمراء التى يبلغ قطرها فقط ١٠ بارسل .

إن درجة حرارة المنابع تحت الحمراء المنخفضة جدا . فثلا تبلغ درجة حرارة الجسم NML الدجاجة (الحروف الأولى من أسماء مكتشفه) ٧٠٠

عن المادة المتناثرة بين النجوم ، والتي لا يمكن الوصول إليها نهائيا أو على الأقل مباشرة بواسطة المساعدات البصرية . وهناك ميزة كبيرة أخرى تتمثل في إمكانية عبور الإشعاع الراديو لتلك المناطق التي تتمتع فيها الموجات القصيرة بواسطة غبار ما بين النجوم . ويبدو ذلك على وجه الخصوص مناسباً لدراسة الأجزاء البعيدة من ← مجموعة سكة التبانة ، لأن ما يأتينا من إشعاعها البصري تتمصه السحب الداكنة ، مخفية وراءها هذه الأجزاء . ومن الممكن علاوة على ذلك في النطاق الراديو رصد أجسام بعيدة جداً ، بدرجة يصعب معها الرصد البصري . أى أن الفلك الراديو عمل على زيادة الكون المرصود .

ولما كانت الأرصاد الراديوية الفلكية لا تتأثر بضوء الشمس المنتشت في الغلاف الجوى الأرضي ، فإنه يمكن إجراء هذه الأرصاد أيضاً أثناء النهار .

عرض تاريخي :- في عام ١٩٣٢ إكتشف «جانسكى» التكنولوجيا الراديو من أمريكا الشمالية أن سكة التبانة ترسل موجات راديوية ، وذلك في أثناء أبحاثه في الإضطرابات الراديوية . إلا أن ذلك لم يلقى أى عناية . وفي عام ١٩٤٢ إكتشف أن الشمس أيضاً تبعث بأشعة راديوية . إلا أن التطور السريع في الفلك الراديو حدث فقط في نهاية الأربعينات بعد التقدم الكبير في تكنولوجيا الراديو . فتم إكتشاف أول منبع راديو عام ١٩٤٦ . أما الخط ٢١ سم فقد سبق التنبؤ به نظرياً في عام ١٩٤٤ ثم تم رصده بالمنظار الفلكي لأول مرة عام ١٩٥١ . وفي عامي ١٩٦٣ ، ١٩٦٧ أمكن إكتشاف مجموعة جديدة من الأجسام الكونية هي المنابع الراديوية الشبيهة بالنجوم والبلسار على التوالي . كما تم في عام ١٩٦٣ لأول مرة إكتشاف الجزيئات الغير نجمية . ومنذ عام ١٩٦٨ أمكن رصد العديد من جزيئات ما بين النجوم .

درص بطول موجي من ١ م إلى ٢٠ م . ويشمل ذلك ما ينبعث من كل من الشمس والقمر والكواكب . والإشعاع الذي يصلنا من جميع أنحاء السماء ، وخصوصاً من سكة التبانة وكذلك إشعاع ← المنابع الراديوية الضيقة ومنها المنابع الراديوية الشبيهة بالنجوم و ← البلسار اللذان تم إكتشافهما حديثاً ونالاً أهمية كبيرة . وطيف الإشعاع الراديو عموماً مستمر ، وإن كانت مادة ما بين النجوم يمكنها أن تتمص أو تبعث بخطوط في النطاق الراديو . من هنا فإن ما ينبعث من الهيدروجين المتعاد في مادة ما بين النجوم بطول موجي قدره ٢١ سم له أهمية خاصة (← غاز ما بين النجوم) .

وفي ← طريقة الصدى الراديو ترسل المحطات الأرضية موجات راديوية ثم يتم رصد إنعكاسها على أجسام المجموعة الشمسية وكذلك على النيازك .

تختلف ← الأجهزة الراديوية كثيراً عن الأجهزة البصرية . ففي الأولى تستخدم مجموعات من هوائيات عديدة أو مناظير راديوية سطحها العاكس مصنوع من صفحات معدنية أو شبكات سلكية . ويتطلب كبر طول الموجه الراديوية أن تكون أجهزة الإستقبال كبيرة جداً ، وذلك إذا أردنا تفريقاً للمنابع الإشعاعية يصل إلى بضع درجات . وفي التحديد الدقيق لأماكن المنابع الراديوية تستخدم مجموعات تداخل .

أتاح تطور الفلك الراديو إمكانيات جديدة تماماً للفلك . وحيث أن ما يأتينا من إشعاع هو الشيء الذي يعطينا معلومات عن الأجسام الغير أرضية ، فإنه من المهم جداً بالطبيعة معرفة هذا الإشعاع وبقدر الإمكان في نطاق طيفي كبير . ينشأ الإشعاع في النطاق البصري غالباً من النجوم بينما يأتي جزء كبير من الإشعاع الراديو من فراغ ما بين النجوم . لذلك يمكن بواسطة الفلك الراديو الحصول على معلومات

فلك رونتجن

Röntgenastronomie

Röntgen - astronomie (sf)

Röntgenastronomie (sf)

هو أحد المجالات الفلكية ، ويهتم بدراسة ما يصل من الكون من أشعة رونتجن . وأحيانا يتم التمييز بين كل من فلك رونتجن وفلك جاما ، وذلك بالتحديد عندما تكون بصدد دراسة أشعة رونتجن قصيرة الموجة جدا ، أى أشعة جاما .

ونظرا لأن الغلاف الجوى الأرضى غير منفذ للموجات الأصغر من حوالى ٣٠٠٠ أنجستروم (← الطيف) . فإن فلك رونتجن يمكن إجراؤه فقط بواسطة أى من البالونات أو الصواريخ والأقمار الصناعية أو سفن الفضاء . كذلك فإن جزءا من أشعة رونتجن تُمْتَص في فضاء ما بين النجوم . وتزداد شدة الإمتصاص كلما كبرت طول موجة الإشعاع . ومن هنا فإن دراسة المنابع الرونتجينية الموجودة خارج المجموعة الشمسية ممكن فقط بواسطة موجات أقصر من حوالى ٣٠ إلى ٤٠ أنجستروم . و ← الشمس فقط هى التى يمكن دراستها فى كل النطاق الرونتجيني .

أمكن التحقيق من تطابق بعض المنابع الرونتجينية مع منابع راديوية . ومثال ذلك كل من المنبع الراديوى كاثيوبيا A- وسديم السرطان ، اللذان يمثلان بقايا انفجارات سوبر نوبا . أما منبع العقرب ١ × (١) تدل على أول منبع رونتجن تم إكتشافه فى هذا البرج (فينطبق مع جسم بصرى لمعانه الظاهرى حوالى ١٣ قدرا . وتدل المقارنة على أن النسبة بين الإشعاع فى النطاق البصرى إلى الإشعاع فى نطاق أشعة رونتجن هى حوالى ١ : ١٠٠٠ ، أى أن إشعاع رونتجن أقوى بكثير من الإشعاع البصرى . وما يثير الإنتباه أيضا بالنسبة لهذا الجسم أن كلا من لمعانه الرونتجيني والبصرى يتغيران بطريقة غير منتظمة . وبالإضافة إلى منابع رونتجن أعضاء محرة سكة التبانة أمكن أيضا رصد منابع غير مجرىه ، على سبيل المثال المجرتين لراديوتين الدجاجة-A والعذراء-A.

وفى حالة المجرة الراديوية قنطورس A- يكاد يبلغ الإشعاع فى نطاق رونتجن ضعف الإشعاع الراديوى . ويرجع السبب فى قلة عدد ما طوبق من منابع رونتجن بالأجسام البصرية من ناحية إلى صغير كفاءة التفريق فى أجهزة رونتجن المتاحة . ومن ناحية أخرى من الممكن أن تكون هذه المنابع موجودة فى الأذرح الحلزونية من مجرة سكة التبانة . ويحانب المنابع الرونتجينية المحددة فقد إكتشف أيضا إشعاع رونتجن منتشر (إشعاع الخلفية) . وحيث أن هذا الإشعاع يبدو متساويا من كل أنحاء السماء ، فإنه يُفترض أن يكون مصدره من خارج المجرة .

ولا يزال السؤال عن الكنه الفيزيائى لأشعة رونتجن ، أى عمليات نشأتها ، غير واضح لكثير من منابع رونتجن . فعلى سبيل المثال ليس واضحا ما إذا كان منبع العقرب ١ × عبارة عن نجم بالمعنى العادى أو منطقة سديمية . ولا يزال أيضا غير ممكن ، بواسطة توزيع شدة الطيف فى نطاق أشعة رونتجن ، الإستدلال على ما إذا كان الأشعاع من منابع رونتجن ينشأ على هيئة ← إشعاع سينكروترونى أو كإشعاع إبطائى ، ينتج عند فرملة الاليكترونات المتحركة بطاقة عالية فى المجالات الكهربية للأيونات . ويعتقد أن يكون إشعاع الخلفية المنتشت ناشئا بواسطة ظاهرة كومبوتون المعكوسة : حيث يحدث تفاعل مشترك بين الإليكترونات عالية الطاقة والكمات الضوئية منخفضة الطاقة فى فضاء ما بين المجرات ، يؤدى إلى إنتقال طاقة من الإليكترونات إلى الكمات تعمل على تقصير فى طول موجتها . بهذه الطريقة يمكن أن تكون نظرية كومبوتون العكسية عبارة عن تحويل من الاشعاع قليل الطاقة ، أى إشعاع الثلاث درجات طويل الموجة إلى أشعة رونتجن عالية الطاقة أى قصيرة الموجة .

الفلك الكروى

spherical astronomy

astronomie sphérique (sf)

sphärische Astronomie (sf)

← القياسات الفلكية .

فلك المواقع

position astronomy
astronomie de position (sf)
Positionastronomie (sf)

← علم الفلك .

الفلك النجمي

stellar astronomy
astronomie stellaire (sf)
Stellarastronomie (sf)

مضمون شامل لمجالات الفلك التي تهتم بالنجوم
الثوابت (.

فلك النيوتريو

neutrino astronomy
neutrino astronomie (sf)
Neutrinoastronomie (sf)

هو أحد المجالات الفلكية ، ويهتم بأرصاد ما ينبعث من الأجرام السماوية من نيوتريو . ويستدل على ذلك عن طريق دراسة ما يسببه النيوتريو من تحولات نووية أو ما ينبعث من إشعاعات ثانوية بعد تفاعله مع نوى الذرات . ولما كان التفاعل المشترك للنيوتريو مع المادة صغير للغاية - شعاع النيوتريو يمكنه أن ينفذ خلال ملايين النجوم بدون أن يضعفه ذلك في شيء ! - لذلك فإن احتمال رصده صغير جدا . وبالإضافة إلى ذلك فإن أرصاد ما ينبعث من جسيمات خلال تفاعلات النيوتريو تزداد صعوبة بسبب الجسيمات الثانوية للأشعة الكونية . ومن أجل عزل الأخيرة تقام تجهيزات الأرصاد في المناجم العميقة .

تنشأ النيوتريوز ، على سبيل المثال ، أثناء إنتاج الطاقة في النجوم . ومن ذلك أنه يتحرر إثنين من النيوتريوز أثناء بناء نواة واحدة لفترة هليوم من أربع بروتونات . على أن لكل عملية من عمليات التحول النووي توزيعا مميزا في طاقة النيوتريو . فإذا ما أمكن تحديد هذا التوزيع عن طريق الرصد ، لحصلنا بذلك على مفاتيح ما يحدث في الأعماق السحيقة للنجوم من عمليات نووية وبالتالي عن درجات الحرارة السائدة

هناك . وبالإمكانات الحالية للأرصاد فإن فرصة النجاح متاحة فقط لدراسة النيوتريوز المنبعثة من أعماق الشمس .

فلكي

astronomic
astronomique
astronomische, astro

منسوب إلى الفلك .

قم الحوت

Fomalhaut (A)

هو النجم α (ألفا) في كوكبة الحوت الجنوبي ولعانه الظاهري البصري ١٢^٥ ونوعه الطيفي A3 ونوع قوته الاشعاعية V ويبعد عنا بحوالى ٧ بارسل أى ٢٣ سنة ضوئية .

الفهرس النجمي

star catalog
catalogue des étoiles (sm)
Sternkatalog (sm), Sternverzeichnis (sm)

← المصنف النجمي .

هوبي

Pnoebe

أحد ← توابع زحل .

فوبوس

Phobos

أحد ← تابعي المريخ .

الفوتوسفير

photosphere
photosphère (sf)
Photosphäre (sf)

هو طبقة في الغلاف الشمسي ينبعث منها الجزء الأكبر من ضوء الشمس في الفضاء . أى أن الفوتوسفير هو بالتحديد الجزء الذي نراه من ← الشمس . وفي المعنى المجازي تعرف الطبقة المناظرة في النجوم الأخرى أيضا بالفوتوسفير .

فوتوغرافي

photographic
photographique
photographisch

← الفوتوغرافيا .

الفوتوغرافيا

photography
photographie (sf)
Photographie (sf)

أدخلت الفوتوغرافيا في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، أى بعد إختراعها بوقت قصير، كآسلوب من أساليب الأرصاد الفلكية. وقد أتى ذلك بتقدم كبير في غالبية مجالات الفلك. وتتمثل فوائد هذه الفوتوغرافيا الفلكية أولا في أن اللوح الفوتوغرافي يمكن أن يجمع التأثير الضوئى. وبذلك يمكننا دراسة الأجسام الخافتة عن طريق إطالة زمن التعريض، وعليه فهي أفضل من الطريقة البصرية. علاوة على ذلك فإنه من الممكن تصوير نجوم كثيرة على نفس اللقطة، ثم يتم تحليلها بعد ذلك في المعمل. وكل صورة من هذه تمثل وثيقة يرجع إليها في أى وقت للمقارنة.

في هذه الحالة تستعمل في مكان الكاميرا ← المناظير ذات التجهيزات البصرية العاكسة أو الكاسرة. ومقاييس هذه المناظير، مثل الفتحة والبعد البؤرى ومجال الرؤية، تختلف حسب إختلاف المهمة. كذلك فإنه من الممكن أخذ صورة جيدة بكاميرا عادية ذات بعد بؤرى صغير متى توفرت التركيبة ومواد التصوير المناسبة. ونتيجة لما يغلب من ضعف في شدة الضوء، يلزم للفوتوغرافيا الفلكية زمن تعريض طويل؛ يصل من بضع دقائق حتى ساعات عدة. إلا أن فوتوغرافيا الشمس والقمر اللتان يمكن أخذهما كصور لحظية. وهذا ضرورى أيضا وإلا فإن دقائق الصورة تنطمس نتيجة لعدم إستقرار الهواء (← التأتق). لهذا فإن صور الكواكب التى تم تعريضها لوقت طويل، تُظهر دقائق أقل مما نراه بالرصد البصرى. وفي أثناء التعريض لا بد أن تتبع الكاميرا النجوم في حركتها اليومية وإلا تحولت الصورة على اللوح الفوتوغرافي فنرى على اللوح الفوتوغرافي بعد التحميص مسارات طويلة أو قصيرة (بدلا من صورة نقطية الشكل

تقريبا). ويتم ضبط التتبع الاوتوماتيكى بواسطة منظار مرشد يوضع تقاطع خطية دائما فوق نجم ما.

وفي العادة يستعمل في التصوير الفلكى صور اللونين الأبيض والأسود. إلا أنه أمكن حديثا أخذ صور ملونة للسدم المجرية وغير المجرية بواسطة المناظير الكبيرة. وهذه الصور الملونة تعطى إنطباعا جيدا عن ظروف الاضاءة في السدم الغازية. فمن الناحية البصرية لا يمكن تمييز أى تلوين لهذا اللمعان السطحي (الخافت) وذلك لأن أعضاء تمييز اللون في العين لا تتفعل بمثل هذا الضوء الخافت.

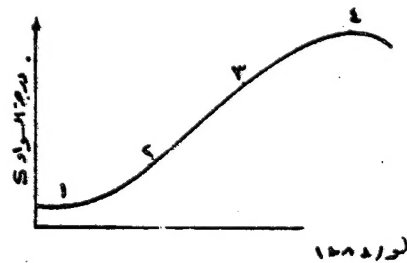
العملية الفوتوغرافية: إن مُستقبل الإشعاع الحقيقى هى الطبقة الحساسة، (الفيلم) أى ما يتم صبه على اللوح الزجاجى من طبقة جيلاتينية ذات بلورات حساسة للضوء من بروميد الفضة يبلغ سمكها بضع كسور من الألف من المليمتر. فإذا سقط على هذه الأجسام ضوء فإنه ينطلق من البروميون السالب إليكترون يتحد مع أيون الفضة مكونا ذرة فضة متعادلة. وبذلك تنشأ الصورة الباقية على اللوح الفوتوغرافي، ثم يجرى تقويتها خلال عملية التحميص. وفي أثناء ذلك يصل سائل التحميص إلى البذور الفضية التى تكونت بالإشعاع فيحولها إلى فضة معدنية سوداء. بعد هذا يتم إذابة الحبيبات التى لم يصل إليها الاشعاع وذلك بواسطة محلول الثبيت. وحيث أنه توجد دائما بعض الحبيبات القابلة للتحميص بدون أن يتم تعريضها للأشعة، فإنه ينشأ على كل اللوح الفوتوغرافي سواد إضافى خافت، هو الضباب الكيماوى. وطبقة بروميد الفضة حساسة على وجه الخصوص بالنسبة للضوء قصير الموجة. وتنتهى حساسية الطبقة الحساسة عند طول موجة قدرها ٥٥٠٠ أنجستروم، وهو الطول الموجى الذى تبلغ عنده حساسية العين ذروتها. إلا أنه يمكن مد نطاق حساسية بروميد الفضة إلى موجات الإشعاع الطويلة، عن طريق مزودات الحساسية. وفي هذه

زيادة التعريض . ومن الممكن تمييز حساسية اللوح الفوتوغرافي خلال قيمة العتبة التي تُعبر عن التباين (الكُنْترَاسْت) عن طريق ميل الجزء المستقيم من منحنى الميل . ويعتمد شكل منحنى الميل على نوع اللوح الفوتوغرافي وعلى طَرَل الموجات الضوئية وعلى ظروف المعاملة الكيماوية . لذلك لابد من رسم المنحنى عمليا .

في الحقيقة فإن المنحنى الضوئي لا يعتمد بوضوح على حاصل الضرب $I \times t$ ، وإنما بدقة أكثر على $I^p \times t$ ، على أن يأخذ أس شوارتزشيلد P قيمة حوالى ٠.٨ . بالنسبة لأزمنة التعريض الطويلة . ومعنى ذلك أنه إذا صورنا نجمين تباعا وكان لمعانيهما مختلفا بمقدار قدر واحد (شدة ضوئيهما تختلف بمقدار ٢.٥ مرة) ، فإننا نحصل على نفس السواد من كل منهما لو أننا زدنا زمن التعريض إلى ٣.٢ مرة بدلا من ٢.٥ مرة كما يقتضى الفرق في شدة الضوء . (حاصل الضرب $I^p \times t$ لابد أن يكون للنجمين متساو : $I_1^p \times t_1 = I_2^p \times t_2$ ، ومنه ينتج أن $(\frac{t_2}{t_1})^p = \frac{I_1}{I_2}$) ، أى $٢.٥ \approx ٣.٢^{٠.٨}$. وعلى الرغم من أننا نفترض أن النجوم الثوابت عبارة عن منابع ضوئية نقطية نتيجة لبعدها الشديد ، فإنها تظهر على اللوح الفوتوغرافي كأقراص صغيرة . يحدث ذلك كما يلي : خلال الكاميرا لا تكون نقطة ضوئية دائما وإنما ينتج قرص حيود صغير . ويتأرجح هذا القرص نتيجة عدم ثبات الهواء (← التآلق) هنا وهناك دائما حول وضعه المتوسط ، فيغطى بذلك منطقة أكبر . وبالإضافة إلى هذا فإن الضوء الساقط يتشتت في الطبقة الجيلاتينية بحيث تضاء الحبيبات المجاورة أيضا . بذلك ينشأ قرص سواد ذو قطر أكبر في حالة النجوم اللامعة عنه في حالة النجوم الخافتة . وأحيانا يُرى حول هذا القرص إكليل من الأشعة ، في حالة تصوير النجوم اللامعة . ويحدث ذلك نتيجة لحيود ضوء النجم على حاملات اللوح الفوتوغرافي ، الموجودة في طريق الأشعة . أى أن كلا من هذا

الحالة تضاف مواد ملونة إلى الطبقة الحساسة ، تعمل كناقلات للطاقة إلى الحبيبات .

السواد :- تسود حبيبات الفضة بعد معاملتها فوق اللوح الفوتوغرافي ومن السواد الناتج يمكن إستنتاج لمعان النجم صاحب الصورة ، الشيء الذى يتطلب قياس السواد أولا . ويحدث هذا بمعونة ميكرومتر . فيسقط ضوء لمبة الفوتومتر ذى الشدة I_0 على اللوح الفوتوغرافي الذى تم معاملته ثم نقيس بواسطة خلية ضوئية شدة الضوء I التى يكون عليها الضوء بعد مروره خلال اللوح الفوتوغرافي . ويرمز لهذا السواد بالكمية S ، $S = \log \frac{I_0}{I}$. وعلى ذلك تكون قيمة السواد الوحدة ، عندما يمر عُشر الضوء خلال اللوح الفوتوغرافي . ويبين المنحنى الضوئي (الشكل) العلاقة بين الطاقة الساقطة على اللوح الفوتوغرافي والسواد الناتج S . ويتم التعبير عن الطاقة الساقطة عن طريق حاصل ضرب شدة ضوء النجم I وزمن التعريض t . يرتفع المنحنى بعد اجتيازه قيمة صغرى ، العتبة ، من السواد العام (الضباب الكيماوى) ، فيحدث أولا إرتفاع خفيف في المنحنى في نطاق التعريض القصير ؛ ثم يتلو ذلك الجزء المستقيم ذو أكبر ميل ، ثم يأتى بعده مسار ضحل في نطاق التعريض الطويل . في النطاق الذى يلي ذلك ، التكذيب ، يأخذ السواد في النقصان مع



منحنى السواد. I شدة إشعاع شعاع النجم ، t زمن التعريض . ويمثل المنحنى حتى ١ الأرضية ، ٢ - ٣ المنطقة المعرضة أقل من اللازم ، ٣ - ٤ الجزء المستقيم ، ٤ - ٥ المنطقة المعرضة أكثر من اللازم وبعد ٤ منطقة التكذيب .

بدورها تقابل بعد إسراعها أيضا طبقة أخرى . وهكذا نحصل في نهاية الخلية على عدد من الإلكترونات يبلغ مليون مرة مثل ما ينبعث بسقوط ضوء النجم . ويتم تركيب الفوتومترات الكهروضوئية مباشرة على المنظار . ويركب في ثورة المنظار حاجز يسقط منه فقط على الكاثود ضوء النجم المراد قياس لمعانه .

(٣) في حالة الفوتومترات الحرارية الكهربية يسقط الشعاع على سطح ملحوم ، حيث يتم إمتصاصه هناك فيحدث تدفئة ، يمكن قياسا كهربيا . ففي العنصر الحرارى ، يوجد على سبيل المثال ، سلكان من معدنين مختلفين ملحومين مع بعضهما في دائرة كهربية ، على أن يحتفظ بإحدى نقطتي اللحام عند درجة حرارة ثابتة ثم تعمل الأخرى كسطح إستقبال يجرى به تيار كهربائى فى أثناء تدفئته بواسطة الأشعة الساقطة ، ويتم قياس شدة هذا التيار فيكون مقياسا لشدة الضوء . أما فى البولومتر فإن المستقبل على العكس من ذلك موصل كهربائى يمكن قياس التغير فى مقاومته نتيجة للتسخين . وهذا النوع من الفوتومترات يتم تركيبه مباشرة على المنظار مثل الفوتومترات الكهروضوئية .

(٤) والميكروفوتومتر يستعمل فى التحليل الفوتومتري للألواح الفوتوغرافية ، ويتم بواسطة قياس السواد فى منطقة ما على اللوح الفوتوغرافى . ولهذا الغرض الضوء يسقط من لمبة الفوتومتر خلال هذه المنطقة نعين كمية ما تم إمتصاصه فى المنطقة المسودة من اللوح الفوتوغرافى . وتقاس شدة الضوء المار بواسطة الخلايا الكهروضوئية كما فى حالة الفوتومتر الكهروضوئى . وفى حالة الفوتومتر الحدقى ، يتم تضيق فتحه حديق حول صورة النجم المراد قياس لمعانه إلى الحد الذى يسمح بمرور حزمه ضوئية بشدة محسوبة مسبقا خلال الفتحة الحديق . وتتخذ قيمة الحدقة كمقياس للمعان النجم . إلا أنه لابد ، كما هو

الإكليل وقرص السواد ليس لها أية علاقة بالنجم المصور . وإذا ما فحصنا قرص السواد تحت الميكروسكوب ، فإننا نجد أن كثافة حبيبات الفضة تقل من المركز إلى الحافة . وفى النجوم الحافة لا يكاد قرص السواد يرتفع عما يجاوره من ضباب اللوح الفوتوغرافى . ونحدد درجة تحجب اللوح الفوتوغرافى كفاءة تحليله للضوء وكذلك تقلل من الدقة الفوتومترية . وما يؤسف له أن حجم الحبيبات يزداد مع درجة الحساسية .

الفوتومتر

photometer

photomètre (sm)

Photometer (sn)

هو جهاز يستخدم فى القياسات الضوئية (← فوتومتري) . وحسب مستقبل الأشعة المستخدم فإننا نميز بين أنواع مختلفة . (١) الفوتومترات البصرية ، وتعمل فيها شبيكية العين كمستقبل . وفى هذا الشأن فإننا نكون «نجما صناعيا» بواسطة منبع ضوئى ، يمكن تقليل لمعانه بواسطة إدخال مرشحات سمراء حتى يبدو لمعانه للعين مساويا لمعان النجم المراد تعيين لمعانه . وهناك صعوبة فى المقارنة تنشأ من إختفاء ← التالى بالنسبة للنجم الصناعى . (٢) الفوتومتر الكهروضوئى (الفوتوكهرى) والمستقبل فيه عبارة عن خلايا حساسة للضوء ، بها قطبين أحدهما مغطى بمادة حساسة للضوء ويعمل عمل الكاثود السالب . وإذا سقط الضوء على هذه المادة الحساسة ، إنطلقت منها إلكترونات تنتقل إلى الأنود الموجب وينشأ بذلك تيار كهربائى ، تتناسب قوته مع شدة الضوء الساقط على الكاثود . أى أننا بقياس شدة التيار مباشرة أو بعد تقوية معروفة نحصل على مقياس لشدة الضوء . وفى مكثرات الإلكترونات الحديثة (فوتو ملتبلايرز) تتم التقوية الأولى فى داخل الخلية ذاتها . ويحدث ذلك بأن تمر الإلكترونات المنبعثة بواسطة الضوء خلال مجال يعمل على إسراعها ثم تصطدم بعد ذلك مع أنود فتنتقل منه أعداد كبيرة من الإلكترونات ، وهذه

أى الإضعاف الحادث فى الضوء أثناء مروره فى الغلاف الجوى الأرضى . ويتم فى كل الفوتومتري الفلكى أخذ أرصاء نسبيه ، أى أننا نقارن النجوم غير المعروف لمعانها مع النجوم المعروفة . وقد أتفق على أنأخذ ← التابع القطبى كنظام عيارى يقارن به النجوم غير معروفة اللمعان . والتابع القطبى عباره عن سلسله من القياسات الدقيقه من اعان النجوم الثابت بالقرب من قطب السماء . وقد أدت إعادة الإختبارات إلى إختلافات فى هذا النظام العيارى . أدت إلى نظم أخرى عالية الدقه للمقارنه .

وتبعاً لنوع المستقبل المستخدم يتم التمييز بين الفوتومتري البصرى والفوتوغرافى والكهروضوئى . (١) فى الفوتومتري البصرى تعمل العين الآدميه مستقبلاً للإشعاع . وأبسط طريقة لإجراء ذلك هى التقدير المرحلى . وفى خلال ذلك يقارن لمعان النجم تحت الفحص باللمعانات المعروفة للنجوم وذلك على مقياس يعتمد على الذاكره . ويتم الحصول على نتائج أدق من ذلك بواسطة فوتومتر بصرى ، يتم فيه إضعاف ضوء مصدر ضوئى بدرجة يمكن قياسها ، وذلك حتى يظهر بالنسبه للعين مساوياً فى لمعانه للنجم معروف اللمعان . (٢) وفى الفوتومتري الفوتوغرافى يعمل اللوح الفوتوغرافى مستقبلاً للإشعاع . ويتم قياس ما ينتج على اللوح الفوتوغرافى من سواد نتيجة سقوط الشعاع عليه بواسطة ميكروفوتومتر . بعد ذلك يلزمنا تحويل السواد إلى لمعان النجوم بمعونة العلاقة بين هذا السواد وطاقة الإشعاع ، أى منحنى السواد (← فوتوغرافيا) . ولما كان منحنى السواد يعتمد على نوع اللوح الفوتوغرافى من ناحية ، ومن ناحية أخرى على ظروف التصوير والمعالجه الكيماويه ، لذلك لابد من رسم منحنى السواد هذا عملياً لكل نقطه . ولهذا الغرض يتم فى نفس الوقت على اللوح الفوتوغرافى تصوير النجوم العياريه ، معروفة اللمعان ، الموجوده بالقرب من الحقل المراد تصويره . وإن لم يكن ذلك متيسراً فإنه يمكننا تعيين منحنى السواد بواسطة الإنتقال

الحال بالنسبه لمنحنى السواد الفوتوغرافى ، (← فوتوغرافيا) ، من العياره بالنجوم المعروفة اللمعان .

فوتومتر أيرس

Iris photometer
photomètre a Iris (sm)
Irisphotometer (sn)

هو ← فوتومتر لتعيين اللمعان من الألواح الفوتوغرافيه

الفوتومتر البصرى

visual photometer
Photomètre visuel (sm)
visuelles Photometer (sn)

← الفوتومتر .

الفوتومتر الحرارى

bolometric photometer
photomètre bolométrique (sm)
bolometrisches Photometer (sn)

← الفوتومتر .

الفوتومتر الكهروضوئى

photoelectric photometer
photornètre photoélectrique (s)
photoelektrisches Photometer (sn)

← الفوتومتر .

الفوتومتري

photometry
photométrie (sf)
Photometrie (sf)

هو عباره عن القياسات الضوئيه ، وما يستعمل فى ذلك من أجهزه يسمى ← فوتومتريات . يهتم الفوتومتري الفلكى (القياسات الفلكيه الفوتومتريه أو فوتومتري الأجرام السماويه) بالحصول على البيانات الكميّه عن لمعان النجوم . وفى هذا الشأن يُعطى لمعان النجوم بالأقدار (← اللمعان) . ولما كانت القياسات الدقيقه لللمعان تمثل أساس معظم الدراسات الفيزيائيه الفلكيه ، فإن تعيينها يتم بمنتهى الحرص والتحفط الكبيرين . وفى نتائج القياسات لابد لنا دائماً من أن نأخذ ← الإستبعاد فى الإعتبار ،

النجم إلى طيف خلال مطياف ثم يقاس اللعان عند موجات مختلفة. وغالبا ما يتم تصوير الطيف ثم يقاس السواد على اللوح الفوتوغرافي بواسطة ميكوفوتومتر. ويلزم لذلك عمل عديد من منحنيات السواد، إذ أن هذه أيضا تعتمد على طول الموجه. وفي الوقت الحديث يقاس اللعان في الطيف تبعاً للطريقة الكهروضوئية. إن جميع القياسات الطيفية مجتهده، ويمكن إجراؤها فقط بالنسبة للنجوم اللامعة، نظراً لدخول جزء بسيط فقط من ضوء النجم بعد تفريقه في المطياف. وكبدل لذلك تم إدخال الفوتومتري عديد الألوان، وفيه يقاس لعان النجم في مناطق طيفيه، عريضه نسبياً وقريبه من بعضها. ويتم تحديد المناطق الطيفية هذه بواسطة تركيبة مستقبل الإشعاع مع المرشحات الملونه. ويمكن إجراء القياسات فوتوغرافياً أو فوتو ضوئياً. كما يتم تمييز مكان المنطقه الطيفيه بدلاله ← الأطوال الموجيه الأيزوفوتيه، الذى يعد أكثرها شبعوا نظام UB_V. وهذا النظام عباره عن فوتومتري في ثلاثة ألوان، يقاس فيه اللعان في نطاقات فوق البنفسجى والأزرق والمرئى من الطيف. وغالبا ما توجد أنظمه ذات أكثر من ثلاثه ألوان موزعه على كل الطيف من فوق البنفسجى حتى تحت الأحمر. ويخضع تحديد مناطق الطيف إلى إمكانية معرفة النوع الطيفي وقوة الإشعاع للنجم من بين أبعاد أخرى بواسطة عدد بسيط من القياسات.

الفوتومتري البصري

visual photometry

photométrie visuelle (sf)

visuelle Photometrie (sf)

← الفوتومتري .

فوتومتري الستة ألوان

six colour photometry

photométrie des six couleurs (sf)

Sechsfarbenphotometrie (sf)

هو فوتومتري عديد الألوان، يقاس فيه لعان النجوم في ستة مناطق طيفيه؛ ← الفوتومتري أو القياسات الطيفية.

القطبي؛ وذلك بتصوير التابع القطبي على نفس اللوح الحساس بعد تصوير النجوم المراد تحديد لعانها. (٣) وفي الفوتومتري الكهروضوئي يتم استخدام خلايا حساسه كمستقبلات للضوء، ينتج فيها تيار كهربائي عند سقوط الضوء عليها. وتقاس شدة التيار الكهربائي التي تتناسب مع شدة الضوء.

(٤) أما في الفوتومتري الحرارى الكهربى : فيتم فيه إستغلال التسخين الذى يحدثه الضوء المراد قياس شدته في المستقبل، حيث ينشأ في العنصر الحرارى تيار كهربائى بسبب الدفق. أما في البولومتر فيقاس التغير الحادث في المقاومه بسبب الحرارة.

إن مستقبلات الإشعاع حساسه فقط بالنسبه للإشعاع في نطاق موجى محدود من الطيف، كما أن نطاق الحساسيه هذا يختلف من مستقبل إلى آخر. لهذا فإننا ندرس، بواسطة كل من الطرق المختلفه في الفوتومتري، فقط إشعاع منطقه محدده ومختلفه حسب الطريقه المتبعه. ويمكن تغير هذه المناطق عن طريق إدخال مرشحات ضوئيه ملونه. ويمكننا القياس في جميع مناطق الطيف على وجه التقريب بطريقه الفوتومتري الحرارى الكهربى، وإن كانت هذه الطريقه قليله الحساسيه. أما أقصى دقة، بالتحديد بضع أجزاء من الألف من القدر، فيمكن الحصول عليها بطريقه الفوتومتري الكهروضوئى، التي تناسب القياس في الأجسام المنفرده. وتحدد دقة قياسات الفوتومتري الكهروضوئى بالتأرجح الإستاتيكي للتيار المقاس، والذى يرجع جزء كبير منه إلى التأرجح في اللعان بواسطة التألق، وجزء آخر منه ينشأ داخل الفوتومتر نفسه. وتتمثل ميزه الطريقه الفوتوغرافيه في أنه يمكننا على لوح فوتوغرافى واحد تصوير حقل كامل من النجوم في نفس الوقت، كما أنه يمكن الإحتفاظ باللوح الفوتوغرافى كوثيقه دائمه.

إن إستخلاص توزيع شدة الضوء في الطيف هو مهمه الفوتومتري الطيفى؛ حيث يتم تحليل شعاع